

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO CURSO  
DE MESTRADO EM PLANEJAMENTO URBANO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS COMO INSTRUMENTO DE  
CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR E SONORA DEVIDA A CIRCULAÇÃO DOS  
VEÍCULOS AUTOMOTORES

Maria do Carmo de Lima Bezerra

Dissertação apresentada ao  
Departamento de Urbanismo  
da Universidade de Brasília  
como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre  
em Planejamento Urbano.

Brasília, janeiro de 1988.

Comissão de Dissertação

Orientador:

Prof. Ricardo L. Farret

Membros da

Comissão :

Prof. Márcio Villas Boas

Arq. Sueli Correa de Faria

Brasília, janeiro de 1988.

PARA

Edison, com quem estou aprendendo o significado de  
companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Farret, Márcio e Sueli pela disponibilidade em ler, discutir e apresentar sUgestões às várias versões desta dissertação.

Ao Edison, a quem passo a 'bola' da dissertação, esperando poder retribuir a contribuição recebida.

## RESUMO

A partir da constatação da inexistência de avaliação de impactos sobre o meio ambiente natural (poluição do ar e sonora) pela metodologia dominante no Planejamento de Transportes Urbanos ( modelo de 4 etapas ) e da identificação de conflitos entre os objetivos de maximização da acessibilidade, evitando ou minimizando a poluição do meio ambiente (qualidade ambiental), propomos um novo conceito para se trabalhar a atribuição de tráfego no Planejamento de Transportes Urbanos: Capacidade de Suporte Ambiental da Via.

Esta proposta baseia-se na premissa de ser possível, do ponto de vista ambiental, a definição de relações que orientem a escolha de alternativas de projeto de transportes urbanos, pela combinação das características operacionais do tráfego com as diferentes capacidades de dispersão e concentração de poluentes relativas às características topográficas, climatológicas e de configuração espacial da via e seu entorno, visando a salubridade das atividades urbanas.

Para tanto, inicialmente, os conceitos de acessibilidade e qualidade ambiental são analisados, para subsidiar a proposta de inclusão da Capacidade de Suporte Ambiental da via como ponderador no cálculo da Capacidade Viária, único instrumento utilizado atualmente no modelo 4 etapas para proceder a atribuição de tráfego no sistema.

A seguir, definimos fatores (operacionais, topográficos e climáticos e de configuração espacial da via) intervenientes no processo e seus respectivos elementos de análise o que possibilita a inserção dos impactos de

poluição atmosférica e sonora no cálculo da capacidade real da via e, conseqüentemente, a incorporação da preocupação com a qualidade ambiental no Planejamento de Transportes Urbanos.

A partir do momento em que se conheçam as características de emissão e as capacidades de concentração/dispersão dos elementos componentes da análise poder-se-á, então, conhecer a Capacidade de Suporte Ambiental de toda a rede viária sobre a qual se trabalhará a atribuição de tráfego.

As tolerâncias das diversas atividades (usos do solo) quanto a níveis de poluição ambiental devem ser verificadas na legislação em vigor e comparadas à Capacidade de Suporte Ambiental.

Esta proposição constitui-se numa contribuição a uma das etapas do processo de planejamento de transportes urbanos, devendo-se, por isso mesmo, voltar aos procedimentos correntes após a etapa de atribuição de tráfego.

## ABSTRACT

The evaluation on environmental impacts, noise and air pollution has been a neglected issue in urban transportation planning in at least two aspects: the first refers to the "Four Stages Model", the most commonly used methodology; the second deals with the conflicting objectives of maximizing accessibility and minimizing environmental pollution. To deal with these aspects, this thesis introduces the concept of "Street capacity of Environmental Support" in Urban Transportation Planning.

possible to define relations that direct urban transportation projects to alternative choices, through the combination of operational characteristics of traffic with different capacities of dispersion and concentration of pollutants resulting from topographical, climate and spatial configuration of streets and its roundness, in order to look at healthfulness of urban activities.

As such, the concepts of accessibility and

street capacity, the only instrument currently applied by the "Four Stages Model" for proceeding the traffic attribution in the urban system.

Following, we define factors (social, topographical, climatical and spatial configuration) which interfere in the process and their respective elements of analysis. This definition makes possible to insert noise and air pollution impacts on the estimate of the real capacity of streets and, as a result, the incorporation of environmental quality features in the urban transportation planning.

Once the characteristics of emission and the capacities dispersion/concentration of the elements of the analysis are identified "Street Capacity of Environmental Support" is known for all the urban street system over which the traffic attribution will be determined.

The tolerances of the several activities (land use) concerning the levels of environmental pollution must be checked with the existing legislation and compared with the "Street Capacity of Environmental Support".



## SUMARIO

### 1. INTRODUÇÃO

### 2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Planejamento Urbano x Planejamento de Transportes Urbanos

2.2. Metodologia adotada no Planejamento de Transportes Urbanos

2.2.1. Geração de viagens

2.2.2. Análise de repartição modal

2.2.3. Análise de distribuição de viagens

2.2.4. Atribuição de tráfego

2.3. Críticas e alternativas ao modelo de 4 etapas

2.3.1. Evolução e limitações da proposta sistêmica no âmbito do Planejamento de Transportes Urbanos

2.3.2. Inserção de variáveis de qualidade ambiental no Planejamento de Transportes Urbanos

### 3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DEVIDO DO SISTEMA DE TRANSPORTES URBANOS

3.1. Os impactos e os métodos de avaliação tradicionalmente utilizados no Planejamento de Transportes Urbanos

3.2. Acessibilidade x Qualidade Ambiental

3.3. Subsídios a uma nova proposta metodológica. Definição do conceito de Capacidade de Suporte Ambiental da Via

#### 4. OPERAÇÃO DOS TRANSPORTES URBANOS E OS IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL

4.1. Considerações sobre Avaliação de Impactos Ambientais do Sistema de Transportes Urbanos

4.2. A poluição do ar e sonora como elementos a serem considerados na avaliação da capacidade viária

4.2.1. Fatores operacionais e as condições de emissão da poluição do ar e sonora

4.2.2. Fatores topográficos e climáticos e as condições de dispersão/concentração da poluição do ar e sonora

4.2.3. Fatores de configuração espacial da via e entorno e as condições de dispersão/concentração da poluição do ar e sonora

4.2.4. Limites de tolerância quanto à poluição do ar e sonora em função dos usos do solo urbano

#### 5. METODOLOGIAS DE PREVISÃO DA POLUIÇÃO DEVIDA AO TRAFEGO URBANO

5.1. Métodos de previsão de emissões e concentração de poluentes atmosféricos devidos ao tráfego urbano

5.1.1. Método da EPA ( Environmental Protection Agency/USA )

5.1.2. Método do TRRL ( Transport and Road Research Laboratory/UK )

5.2. Métodos de previsão do ruído devido ao tráfego urbano

5.2.1. Método do Department of the Environment/UK  
para fluxo livre

5.2.2. Método da FHWA (Federal Highway Administration / USA)

5.2.3. Método GILBERT - Previsão do ruído no tráfego de áreas urbanas

5.2.4. Modelos do IPT ( Instituto de Pesquisas Tecnológicas / SP )

## 6. PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE AMBIENTAL NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS

6.1. Sistematização das pesquisas existentes sobre o processo de poluição do ar e sonora em função de cada um dos fatores e elementos de análise

6.1.1. Alteração do meio devida ao tráfego urbano-poluição do ar

6.1.2. Alteração do meio devida ao tráfego urbano-poluição sonora

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. Parâmetros provisórios para o Planejamento de Transportes Urbanos e Desenho Urbano de condições operacionais e de forma urbana favoráveis a baixa emissão de poluentes atmosféricos e sonoros e sua dispersão.

## CAPITULO 1

### INTRODUÇÃO

O processo de Planejamento de Transportes Urbanos praticado com base nos modelos desenvolvidos nos Estados Unidos e Grã-Bretanha tem sofrido diversas críticas, principalmente nos seus aspectos operacionais e técnicos (BRUTON, 1979 e O.E.C.D., 1971).

Nos aspectos operacionais, dá-se muita ênfase nos problemas técnicos associados à previsão de tráfego e planejamento da rede e muito pouca atenção às necessidades de transporte da comunidade como um todo.

Quanto aos aspectos técnicos, o processo é criticado por desconsiderar planos alternativos e políticos, pela definição inadequada de metas e objetivos e por basear a avaliação das propostas alternativas somente no campo econômico.

Na experiência do Planejamento de Transportes tem sido uma constante o não reconhecimento do seu papel como um dos diversos instrumentos para dirigir e estruturar o meio ambiente urbano, predominando o Planejamento de Transportes como um exercício de projeto do sistema físico, que tem suas preocupações centradas nas demandas individuais dos usuários, dedicando demasiada atenção em atendê-las, sem questioná-las.

Esta metodologia, consolidada no chamado "modelo de 4 etapas" (geração de viagens, distribuição de viagens, atribuição de tráfego e divisão modal) , apresenta, ainda, algumas limitações em relação aos impactos sobre a estrutura urbana, não estando presentes, na sua avaliação, os impactos de acessibilidade sobre a distribuição espacial das

atividades urbanas, os impactos diferenciados dos investimentos sobre a mobilidade da população e os impactos sobre o meio ambiente natural.

O que postulamos é um planejamento que coloque a estrutura de transportes a serviço dos objetivos de qualidade de vida da comunidade, verificando os tipos de valores que ela possui e identificando seus problemas reais para a partir daí, pensar o sistema de transportes privilegiando ou não determinada tecnologia e modalidade de transporte; reforçando ou não determinada linha de desejo de transportes, em função, não mais da projeção da situação existente para um ano-meta do projeto, através das demandas individuais, mas das necessidades de toda a cidade, como meio ambiente sócio-cultural e natural.

Apesar de não haver dúvida de que a implantação de qualquer sistema de transportes provoca alterações nas acessibilidades, induzindo modificações na qualidade e intensidade do uso do solo urbano, bem como impactos sobre o meio ambiente urbano, esses impactos são muito pouco conhecidos, tanto em sua natureza, quanto, principalmente, em seus aspectos quantitativos (FARRET, 1985).

Essa dificuldade, aliada a outras limitações do modelo de transportes urbanos em uso, tem feito com que a prática do Planejamento de Transportes tenha se restringido a avaliar os impactos intrínsecos ao sistema, com base em método calcado exclusivamente sobre variáveis passíveis de quantificação.

Em relação, especificamente, às intervenções do sistema de transportes sobre o meio ambiente urbano, a questão, mesmo que redirecionada, pode ainda não ser de fácil solução, uma vez que hoje as críticas feitas ao planejamento funcional de transportes (BRUTON, 1971)

transportes (HUTCHINSON,1979) que mostra como os principais objetivos do sistema de transportes urbanos são conflitantes, não tendo ainda sido incorporado à prática do planejamento uma metodologia que trabalhe com todas as variáveis implícitas nestes objetivos:

1. maximizar a acessibilidade agregada fornecida pelo sistema de transportes;

2. maximizar a qualidade ambiental agregada da área urbana relacionada aos produtos do sistema de transportes;

3. maximizar a obtenção de tendências desejáveis de desenvolvimento urbano a longo prazo.

Estes objetivos sugerem que o problema central na avaliação de impactos em transportes urbanos é determinar que tipos de desenvolvimento urbano são o alvo das preferências ambientais dos residentes urbanos, assim como de suas exigências em relação à acessibilidade.

Sugere-se, aqui, que o conflito entre a oferta de acessibilidade e qualidade ambiental é, provavelmente, a questão dominante relacionada aos transportes urbanos, no que diz respeito aos impactos sobre o meio ambiente natural.

Admitindo a existência, pois, do conflito entre acessibilidade e qualidade ambiental, propomos a incorporação das preocupações com os impactos sobre o meio ambiente natural (poluição do ar e sonora) no processo de planejamento durante a elaboração e avaliação de alternativas.

A análise da metodologia de Planejamento de Transportes Urbanos, consolidada no modelo de 4 etapas, verifica-se que, na fase de atribuição de tráfego, se trabalha com o conceito de capacidade viária. A capacidade

viária é calculada em função de variáveis intrínsecas ao sistema de transportes, como a largura da via, o nível de serviços e o fluxo de tráfego.

Entendemos que, do ponto de vista da inserção no processo de planejamento, de variáveis que levem em conta a qualidade ambiental, é a fase de atribuição de tráfego aquela que deve ser alterada, por ser essencialmente a fase. propositiva.

Propõe-se, portanto, um ajuste de fluxos ( atribuição) na rede viária, para se distribuir benefícios e perdas, em função da acessibilidade e qualidade ambiental, partindo-se do princípio de que nem todas as áreas da cidade possuem as mesmas características de suporte ambiental, ou seja, diferentes áreas tem diferentes capacidades de absorção dos impactos negativos, até chegar à saturação e, conseqüentemente, à deterioração da sua qualidade ambiental.

Torna-se importante, então, incorporar a avaliação dessa capacidade de absorção dos impactos negativos de poluição do ar e sonora - CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA - à avaliação da capacidade viária descrita anteriormente para, com essa adição, ser encontrada a real capacidade pela qual será atribuído o tráfego gerado no sistema.

Objetivando a operacionalização do conceito de CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA, trabalharemos com a idéia de requerimentos ambientais, entendidos estes como sendo o conjunto formado pelas condições de emissão, dispersão e concentração de poluentes devidos ao tráfego urbano, resumidos por nós nos fatores a seguir:

- Fatores Operacionais: características e condições de operação do tráfego urbano pela

em alterações no meio ambiente urbano, nos seus aspectos de poluição do ar e sonora;

- Fatores Topográficos e Climáticos: características e condições topográficas e climáticas da localização da via, que interfiram na dispersão/concentração dos poluentes aéreos e ruído, gerados por veículos automotores;
- Fatores de Configuração Espacial da Via e seu Entorno: características da forma urbana, que interfiram na dispersão/concentração dos poluentes aéreos e ruído, gerados por veículos automotores.

As relações entre estes fatores não possuem significação, de forma isolada, adquirindo maior ou menor importância, dentro do contexto em que ocorrem. Interessa-nos conhecer, nesse caso, as variações e influências dos índices de poluição do ar e sonora no desenvolvimento das funções urbanas (usos do solo).

A proposta parte da premissa de que, da mesma maneira como se definem critérios, explícita ou implicitamente, na análise dos impactos econômicos, sociais e político-institucionais de um determinado empreendimento, é necessário introduzir outros critérios que possibilitem a avaliação do seu impacto ambiental sobre o meio ambiente natural.

A partir do momento em que se conheça a capacidade de emissão, em função das condições operacionais e de concentração/dispersão proporcionada pela configuração da via e entorno e pelas condições topográficas e climáticas, poder-se-á, então, conhecer a CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL de toda a rede viária sobre a qual se fará



Cabe destacar que esta é uma proposta preliminar, uma contribuição ao processo de Planejamento de Transportes Urbanos, em uma de suas etapas. Procuramos, aqui, contribuir para o preenchimento das lacunas detectadas no Planejamento de Transportes Urbanos, embora contando com as limitações inerentes a uma dissertação de mestrado que pretende antes descortinar novos caminhos do que apresentar soluções definitivas.

Assim, esta dissertação procura tão somente determinar categorias de análise como a capacidade de suporte ambiental da via e sua aplicação na fase de atribuição de tráfego do Planejamento de Transportes Urbanos; Define por outro lado, fatores (operacionais, topográficos e climáticos e de configuração espacial da via) e seus respectivos elementos de análise que possibilitam a avaliação dos impactos da poluição do ar e sonora, incorporando a preocupação com a qualidade ambiental no Planejamento de Transportes Urbanos.

O trabalho estrutura-se em seis capítulos, além deste referente à Introdução. O Capítulo Dois contém uma revisão dos aspectos teóricos, pertinentes à teoria do Planejamento Urbano e do Planejamento de Transportes Urbanos. Descreve a metodologia dominante no Planejamento de Transportes Urbanos (Metodo de 4 Etapas), estabelecendo suas relações com a teoria do Planejamento Urbano e apontando suas limitações no que concerne à não inclusão de variáveis que extrapolem os objetivos de atendimento das demandas individuais dos usuários.

O Capítulo Três, aborda os impactos provocados pelo sistema de transportes urbanos no meio ambiente urbano,

as limitações na avaliação de impactos de caráter sócio-econômico e ambiental, pelo Planejamento de Transportes Urbanos, relacionando os métodos mais comumente adotados. É identificado o conflito existente entre os objetivos do Planejamento de Transportes Urbanos, na tentativa de maximizar a acessibilidade, e os interesses comunitários de dispor de um meio ambiente livre de poluição (qualidade ambiental).

No Capítulo Quatro, com base na literatura consultada, nos detemos no conhecimento da relevância da poluição do ar e sonora devida ao tráfego e seus efeitos sobre o desenvolvimento dos usos do solo urbanos. A partir da identificação das fontes de emissão (características dos veículos e de suas condições de operação), implicações de bioclimatologia e configuração urbana na dispersão/concentração dos poluentes, estabelecemos três fatores a serem consideradas no cálculo da CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA: fatores operacionais, fatores topográficas e climáticas e fatores de configuração espacial da via e entorno.

O Capítulo Cinco fornece subsídios com vistas à confirmação da relevância e detalhamento dos fatores propostos. Levantamos os métodos empíricos que vem sendo utilizados para controle da poluição do ar e sonora devida ao tráfego urbano. A partir deste conhecimento, retiramos informações para definição de um conjunto de elementos de análise concernentes a cada um dos fatores anteriormente definidas e confirmadas pelos métodos existentes.

No Capítulo Seis, com base nos subsídios do capítulo anterior, são aprofundadas as questões que levaram à identificação e definição dos elementos de análise, que fornecem os requerimentos ambientais

DA VIA. Ressaltamos que os limites de tolerância das diferentes atividades urbanas, existentes ou projetadas, estão intrinsecamente relacionadas com as possibilidades de controle de máximo/mínimo dos efeitos do tipo de poluição em estudo e definem a capacidade de suporte da via, uma vez que o objetivo é o estabelecimento de condições de conforto e salubridade para o homem, no exercício de suas atividades.

Finalmente, no Capítulo Sete, a título de considerações finais, apontamos as potencialidades e limitações desta dissertação, ressaltando os possíveis caminhos para o desenvolvimento de trabalhos futuros nesta linha conceitual.

## CAPITULO 2

### REFERENCIAL TEÓRICO

Existem muitas definições, formuladas em termos genéricos, que conceituam o planejamento como um processo racional de tomada de decisões (HALL,1974; WEBBER,1973; ALDEN e MORGAN, 1974). Esta afirmação não procura negar a existência de diferentes teorias de planejamento, mas apenas ressaltar o que possuem em comum: reivindicam dispor de critérios objetivos para a execução do planejamento (CAMHIS,1975).

Enquanto método de abordagem da tomada racional de decisão, o planejamento pode ser entendido como uma consequência da ideologia racionalista, origem das doutrinas econômicas do século XVIII e XIX (KADE,1975).

O modelo de comportamento racional adotado pela economia neoclássica, evoluiu para uma teoria geral de tomada racional das decisões. Tal teoria, não obstante uma maior generalidade de alcance e de campo de aplicação, acha-se fundamentalmente englobada pela definição de racionalidade econômica.

Os elementos essenciais do modelo da livre empresa transformaram-se em conceitos de planejamento; a noção econômica de recompensa-punição aparece sob a forma dos distintos conceitos "custo-benefício" e o postulado do comportamento racional amplia-se na idéia mais geral de "comportamento ótimo" (KADE,1975).

A teoria de otimização ( representação direta do comportamento racional e a linguagem matemática é instrumento para um modelo de planejamento que visa elaborar

representadas pela maximização-ou minimização de uma função objetiva, sob determinadas circunstâncias específicas.

Em oposição a ideia de planejamento anteriormente exposta, o conceito de planejamento utilizado nesta dissertação refere-se ao planejamento enquanto instrumento de intervenção do Estado, fundamentado nas contestações ao pensamento neoclássico - a partir das constatações de deficiências no mecanismo de mercado, relativamente à preservação do crescimento econômico e ao atendimento de necessidades sociais.

Apesar desta ressalva, sabemos não existir uma dicotomia coincidente e necessária entre o "laissez-faire" e intervencionismo ou entre estatização e privatização dos meios de produção (BARAT,1979). O planejamento, como forma de intervenção governamental para prevenir o processo decisório de riscos e incertezas, não se liga obrigatoriamente à estatização e, frequentemente, os planos de governo visam orientar e garantir perspectivas para o setor privado.

O planejamento, entendido dessa forma, passou a ser valorizado nos países sub-desenvolvidos a partir do pós-guerra, associado à conscientização política do desenvolvimento econômico (FURTADO,1961).

A partir dessas questões, estruturaram-se pelo menos duas correntes metodológicas diferentes para solucionar os problemas do planejamento governamental.

Uma corrente procura reduzir o processo de planejamento a um processo funcional de transformação, com o planejador necessitando de informações sobre todas as soluções substitutivas possíveis e suas consequências, bem como de uma sequência coerente de alternativas de projeto. Os problemas de planejamento são ditos "bem estruturados" quando podem ser resolvidos por métodos matemáticos

Neste sentido, o planejamento é estudado, sobretudo, como uma metodologia, uma técnica aplicada ao processo de tomada de decisão sobre alocação de recursos públicos. Pressupõe, ao buscar sua coerência, isto é, a melhor adequação dos meios aos fins, uma definição de objetivos, uma política de desenvolvimento, mas, na prática, ao procurar a racionalidade como critério de escolha no contexto da escassez dos recursos, afirma preferências, legitimadas ou não pela razão política, que nem sempre expressam valores sociais relevantes.

A outra corrente evoluiu numa postura crítica das causas dos problemas, apoiando-se no discurso da justiça social, distanciando-se das origens do termo planejamento, chegando a gerar as correntes contra a existência do próprio planejamento, porquanto não se resolvem os problemas estruturais da sociedade (CASTELLS,1972).

Este último enfoque predomina, até hoje, na quase totalidade das definições do planejamento urbano.

## 2.1. PLANEJAMENTO URBANO X PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS

Assim como na economia global, o Estado pós-revolução industrial é chamado a desempenhar o papel de árbitro final na satisfação das demandas por serviços urbanos. Por ação - ou omissão - determina quais segmentos da sociedade terão acesso às vantagens que ele proporciona, quais segmentos serão privados e em que circunstâncias esses fatos ocorrerão (POULANTZAS,1985; MANNHEIM,1968; BRASILEIRO, 1976).

O Planejamento Urbano se depara com problemas que dizem respeito não apenas às tentativas de melhorar a eficiência econômica das cidades, mas também de fazer com

que a comunidade, como um todo, se beneficie dos ganhos daí decorrentes.

As diferentes conceituações de Planejamento Urbano manifestam seus objetivos finais através de expressões tais como "o bem comum", "o interesse coletivo", "o bem estar geral" e outras de mesmo sentido. Estes termos expressam a idéia de elevação dos níveis e padrões de vida da população. Assim, o interesse último da ação do Planejamento Urbano seria a satisfação das necessidades da população, em termos individuais e coletivos (NOGUEIRA, 1980).

Segundo DORICH (1965) "o Planejamento Urbano consiste na organização do espaço, das atividades e funções de uma cidade, levando em consideração a realidade existente e suas implicações no desenvolvimento futuro, não só do ponto de vista físico, como também social e econômico, para obter o bem-estar progressivo desta localidade".

Depreende-se, daí, que o Planejamento Urbano tem a pretensão de ser um instrumento de intervenção de um Estado equalitário, socializante e distributivo.

O denominado Planejamento de Transportes, uma das funções intrinsecamente relacionadas com a configuração e o desenvolvimento econômico do meio ambiente urbano tomou rumos diferenciados, constituindo-se num ramo semi-autônomo, com método e ideologia próprios.

Uma avaliação crítica do processo de Planejamento de Transportes mostra que os critérios operacionais e econômicos têm predominado sobre os demais aspectos estruturadores do meio ambiente urbano.

Sob a égide da eficiência interna do sistema de transportes, o objetivo original dos estudos tem sido preparar um plano visando à manipulação mais eficiente, em termos operacionais, das demandas de viagem previstas para um determinado ano-meta do projeto.

Este método de planejamento encontra filiação na herança da idéia de planejamento da livre empresa. Ainda, como consequência da separação positiva das ciências, criaram-se especializações técnicas e profissionais dentro do estudo do meio ambiente urbano que se valem, predominantemente de métodos empíricos e analíticos como instrumental teórico para análise do urbano (LAMPARELLI, 1977).

Não cabe no escôpo desta dissertação maiores explicações de como tal corrente penetrou no estudo do meio ambiente urbano, através dos planos setoriais, na procura de indicadores e de métodos quantitativos que garantissem a objetividade dos planos e a neutralidade do planejador (CASTELLS, 1972).

Observando a prática corrente do Planejamento de Transportes Urbanos, podemos afirmar que esta segue os princípios da economia neo-clássica ao colocar como objetivo o equilíbrio entre a oferta e a demanda de viagens entre zonas da cidade, expresso pela técnica de "linhas de desejo"; privilegia a decisão individual do usuário de transportes em oposição à idéia de bem coletivo do Planejamento Urbano.

É neste ponto que acreditamos residirem divergências conceituais entre o Planejamento Urbano e o Planejamento de Transportes Urbanos. Em que pesem todas as críticas formuladas ao Planejamento Urbano, este se coloca como instrumento de intervenção o com o objetivo expresso de distribuição equitativa dos bens públicos, envolvendo toda a complexidade do urbano e não apenas uma fração da população urbana (usuária de transportes), no exercício de uma só função urbana.

As políticas de transporte urbano devem



operacional do sistema, sem deixar de lado o grau de satisfação dos usuários e as relações necessárias entre os indivíduos e o espaço da cidade na qual circulam.

Se as relações que se estabelecem entre os usuários e os modos de transporte adotados para circulação são importantes e constituem características de uma postura necessária a ser adotada, são, entretanto, insuficientes para uma política que visa e age sobre o meio ambiente urbano como um todo. Entende-se, então, que o trato da circulação não deve restringir-se às questões intrínsecas aos meios de transporte, nem limitar-se a avaliar 'as consequências imediatas sobre seus usuários.

As tentativas de alteração dos rumos tomados pelo Planejamento de Transportes Urbanos têm esbarrado na dificuldade de superação de toda uma metodologia de trabalho, hoje altamente especializada, com muito investimento de tempo e dinheiro para a criação de novos métodos de previsão, distribuição e alocação de tráfego uma sistemática baseada na micro-economia, que tenta apenas incluir novas variáveis quantificáveis, sem alterar o enfoque.

Por outro lado, as críticas, como a que acabamos de fazer, apontam as incoerências gerais, sem propor uma substituição à metodologia vigente e, conseqüentemente, sem alterar a prática.

É na tentativa de mudar esse quadro que se fundamenta a presente dissertação.

## 2.2 METODOLOGIAS ADOTADAS NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS

A partir das necessidades de circulação do

capital, expansão do consumo nos USA, torna-se importante a racionalização da circulação de mercadorias e mão de obra. Desde os fins da década de 40, vem sendo desenvolvidos estudos de planejamento de transportes, em numerosas áreas urbanas. O objetivo perseguido durante esses anos de estudos e evoluções no enfoque do problema tem sido o de proporcionar o surgimento de um método sistemático para a solução de problemas de transportes urbanos.

Sumariamente, pode-se dizer que o processo de planejamento de transporte se compunha de duas partes: primeiramente, havia a necessidade de estimar a demanda de viagens futuras (procedimento ainda adotado); em segundo lugar, o desenvolvimento de um certo número de planos alternativos e escolha entre eles. O processo sofreu alterações, incorporando o estudo de um maior número de alternativas ao invés de simplesmente esquemas viários, assim como uma mudança no critério de comparação adotado (as estimativas operacionais foram acrescidas de avaliações econômicas).

Na primeira fase, predominam objetivos basicamente funcionais - procura de maior eficiência do sistema de transporte, tais como congestionamentos, demora e acidentes - produzindo propostas para investimento de capital, que melhorariam as condições operacionais dos fluxos de movimentos estimados para o futuro.

Posteriormente, baseado nos trabalhos desenvolvidos por MITCHELL e RAPKIN (1954), o planejamento de transportes passou a ser pensado como condicionado e condicionador do uso do solo urbano. Através da noção de acessibilidade, compreende-se o potencial dos transportes na configuração do ambiente urbano.

Alterou-se, então, a tônica de estudos de fluxo

solo que fizeram surgir os fluxos. O processo do planejamento evoluiu, nesse momento, para a determinação do volume de viagens futuras e, conseqüentemente, para as necessidades“ de transporte de toda uma área urbana, condicionado pelo controle dos usos do solo.

Entretanto, embora os estudos de transporte mais recentes tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda de viagens e procedimentos de avaliação, o avanço no sentido de uma integração entre Planejamento Urbano e de Transporte tem sido lento; as considerações sobre' uso do solo têm sido incorporadas ao processo como meramente um dado de controle de entrada (estático), na preparação das estimativas futuras de necessidade de viagens.

Sobre essa forma simplificada de encarar a relação transporte x uso do solo, no começo da década de 60, WINGO e PERLOFF (1961) argumentavam que a cidade deve ser vista como um sistema que evolui, onde os usos do solo e os fluxos de tráfego são interdependentes. Nesse sentido, não é realístico se definir a distribuição do uso do solo para algum período de tempo 20 anos na frente e determinar um padrão de tráfego para ela. Neste enfoque, falta reconhecer que os fluxos de tráfego se alteram em resposta a mudanças nos padrões de uso do solo e vice-versa.

Objetivando superar a preocupação com a forma física, Wingo e Perloff observaram que:

- um sistema de transportes deve ser visto como um conjunto de facilidades e instituições, organizado para distribuir seletivamente uma qualidade de acesso em uma área urbana;

- os comportamentos locais de negócios e indivíduos são afetados pela implementação de propostas de

- as mudanças locacionais induzidas afetam o sistema de transportes, a longo prazo;

- a acumulação dessas consequências é, de fato, a forma e a estrutura da região metropolitana durante uma geração ou mais.

Apesar de haver concordância sobre a interdependência existente entre uso do solo e problemas de transportes, estas considerações ainda hoje são alvo de tentativas de inclusão na metodologia vigente de Planejamento de Transportes Urbanos.

Atualmente temos, no estudo típico de Planejamento de Transportes Urbanos, a definição da tendência mais provável de desenvolvimento do uso do solo prevista para o ano-horizonte (geralmente 20 anos) para o qual as demandas de transporte prováveis são estimadas. As características operacionais de cada alternativa no ano-horizonte são, então, previstas sob a forma de fluxo sobre cada ligação das redes do ano-horizonte. O critério, frequentemente adotado para escolha entre as alternativas, é o de que deve ser a maior possível a diferença entre os benefícios coletivos proporcionados aos usuários, sob a forma de menor impedância de viagens, e os custos monetários da construção e manutenção daquelas facilidades.

Fundamental para a compreensão do estágio atual do Planejamento de Transportes Urbanos é o entendimento do "modelo de 4 etapas" que, de forma resumida, é apresentado a seguir.

#### 2.2.1. Previsão da demanda de viagens - geração de viagens

O processo de previsão da demanda de viagens

começa pela análise de geração de viagens, que possui como principal tarefa relacionar a intensidade de viagens de e para parcelas do solo, em função do tipo e da intensidade do uso do solo.

As técnicas desenvolvidas tentam utilizar as relações observadas entre as características de viagens e o meio urbano e são baseadas na hipótese de que a viagem é função de três fatores básicos:

1. Padrão de uso do solo e desenvolvimento na área de estudo.
2. Características sócio-econômicas dos usuários.
3. Natureza, tamanho e capacidade viária do sistema de transportes.

Uma vez identificadas as características significativas da população, do uso do solo e do sistema de transporte sobre a demanda de viagens, faz-se a sua projeção para o ano-meta e tem-se, então, estimativas de tipo e dimensão dessa demanda.

Como parte do estudo de geração de viagens, é prática usual estimar-se o número de viagens que se origina em cada zona de tráfego - a produção de viagens - e o número de viagens destinadas a cada zona - a atração de viagens. Isto visa garantir que, na fase de distribuição de viagens, combinações diferentes de viagens, que não são necessariamente reversíveis, passem a ser adequadamente agrupadas.

#### 2.2.2. Previsão da demanda de viagens análise de repartição modal

O objetivo da fase de análise da escolha de

repartição modal é estimar a provável repartição de usuários de transportes coletivos ,com escolha entre o transporte coletivo e a viagem por automóvel, dado o custo generalizado de viagem pelas duas modalidades.

A análise de repartição modal em dois estágios é necessária devido à existência, em áreas urbanas, de essencialmente dois tipos de usuário distintos para serviço de transporte coletivo:

- usuários cativos de transportes coletivos;
- usuários de transportes coletivos com escolha.

Os estudos de transportes tem demonstrado que os usuários com escolha, ao optarem por uma modalidade de transporte, consideram uma série de características das viagens por automóvel e por transporte coletivo.

Essas características incluem:

- o tempo de viagem no interior do veículo; - o tempo de viagem que independe da capacidade de tração do veículo, geralmente denominado tempo adicional de viagem;
- os custos, inclusive os custos operacionais do veículo;
- tarifas de estacionamento e preço das passagens de transportes coletivos;
- segurança, conforto e conveniência da modalidade de transporte.

Tradicionalmente, tem-se usado modelos de repartição modal de dois tipos: modelos de extremos de viagens e de intercâmbio de viagens. Os modelos de extremos de viagens são usados entre as fases de geração de viagens e de distribuição de viagens, enquanto que os modelos do tipo

intercâmbio de viagens são usados entre as fases de distribuição de viagens e alocação de tráfego.

Estes modelos não levam em consideração os

aspectos globais de conveniência da comunidade, avaliando, tão somente, os interesses individuais dos usuários. Desconsidera-se, assim, a possibilidade do planejamento intervir - como instância institucional que é - criando e melhorando as condições gerais do meio urbano, após a avaliação de todos os aspectos, tanto dos usuários quanto dos indiretamente atingidos pelo Planejamento.

### 2.2.3. Previsão de demanda de viagens análise de distribuição de viagens

O propósito da fase de análise de distribuição de viagens é desenvolver um procedimento que sintetize as ligações entre zonas de tráfego, tanto para usuários cativos do transporte coletivo como para usuários com escolha.

A etapa da distribuição de viagens não trata, necessariamente, dos meios de transportes usados para realizar uma dada viagem nem das rotas utilizadas: refere-se ao estabelecimento de ligações entre várias zonas, para o qual os cálculos de geração de viagens foram realizados.

A partir deste estágio do processo de Planejamento de Transportes, os resultados das análises são específicos para um sistema de transporte, em particular, proposto para o ano-horizonte.

Qualquer matriz de distribuição de viagens, sintetizada durante esta fase do processo de previsão de demanda de viagens, deve satisfazer as equações de restrição de terminais de produção e atração de viagens.

No terminal de produção, a soma dos intercâmbios de viagens para todas as zonas de atração deve ser igual ao valor da produção de viagens estimado durante a análise de geração de viagens e da repartição modal cativa por todas as

-----

No terminal de atração, a soma dos intercâmbios de viagens, a partir de todas as zonas de produção, deve ser igual ao valor da atração de viagens estimado durante a fase anterior para todas as zonas.

Durante as últimas duas décadas, diversos procedimentos matemáticos foram desenvolvidos e usados com este propósito ; esses procedimentos tendem a se enquadrar em dois grupos principais:

1. Métodos análogos ou de fator de crescimento nos quais os fatores de crescimento são aplicados aos movimentos interzonais atuais;

2. Modelos sintéticos ou fórmulas de viagem inter-áreas, nos quais é feita uma tentativa de se entender a relação causal associada aos movimentos, considerando-os como sendo similares a certas leis de comportamento físico. Uma vez entendidas essas relações causais são projetadas no futuro e os padrões de viagem apropriados são sintetizados.

Apesar da diversidade das fórmulas usadas nos procedimentos matemáticos desenvolvidos, o princípio descrito abaixo é o mesmo, para todos os modelos:

"As viagens entre dois pontos crescem, à medida que aumenta a atração para tal viagem, mas decrescem, à medida que aumenta a resistência a essa viagem." (DAVINROY, RIDLEY e WOOTTON, 1963).

#### 2.2.4. Previsão de demanda de viagens atribuição de tráfego

A atribuição de tráfego é a parte propositiva do processo de Pi-anejamento de Transportes Urbanos e, para maior entendimento e subsidio à proposta deste trabalho, será estudada mais detalhadamente.



dado número de viagens a um determinado sistema ou rede de transportes. É usada para estimar o volume de tráfego nas várias ligações do sistema para um determinado ano futuro ou para simular condições atuais. O processo de atribuição de tráfego requer como input uma descrição completa do sistema de transporte existente e futuro, além de uma matriz de viagens interzonais.

O propósito da fase de análise de atribuição de rotas é desenvolver uma técnica que simule o modo pelo qual as viagens por automóvel e transporte coletivo entre cada par origem-destino se distribuem sobre as ligações de suas respectivas redes.

O principal interesse dos estudos tem recaído sobre os métodos de atribuição de tráfego de automóveis, por considerar que a atribuição de rotas para a rede de transportes públicos não constitui normalmente um problema, uma vez que se pode determinar os itinerários, os horários e o número de viagens. De qualquer forma, esta hipótese só é válida para cidades onde a maioria da população utiliza-se de meios particulares de transporte.

Uma série de procedimentos de atribuição em rede foram desenvolvidos e todas as técnicas contém os tres seguintes componentes:

- a. Um critério de seleção de rota do motorista;
- b. Uma técnica de construção de uma árvore que seleciona rotas de veículos através de uma rede de ruas;
- c. Um método de atribuição de intercâmbios de viagens de veículos entre essas rotas.

O elemento fundamental de qualquer técnica de atribuição de tráfego é a seleção de um critério que explique a escolha, por um motorista, de uma rota entre um par origem-destino numa série de caminhos potenciais

disponíveis.

WARDROP (1952) identificou dois critérios possíveis de serem usados para predizer os caminhos que podem ser tomados por motoristas entre um par origem-destino:

1. Os tempos de viagens de todas as rotas realmente usadas são iguais e menores do que aqueles que seriam experimentados por um único veículo numa rota não utilizada;

2. O tempo de viagem médio de todos os motoristas é um mínimo, o que implica que o total das horas por veículo, agregadas, gastas em viagens, seja um mínimo.

E útil recorrer diretamente ao artigo original de WARDROP, para discorrer sobre esses dois critérios:-

"O primeiro critério é realista na prática, desde que se possa admitir que o tráfego tenderá a fixar-se numa situação de equilíbrio na qual nenhum motorista pode reduzir seu tempo de jornada pela escolha de uma nova rota. Por outro lado, o segundo critério é o mais eficiente no sentido de que minimiza as horas por veículo gastas na jornada. Na prática, naturalmente, os motoristas serão influenciados por outros fatores, tais como o estado das rodovias e o conforto ou desconforto de dirigir, em geral; entretanto, é claramente difícil descontar estes fatores psicológicos."

Mais uma vez se desprezam as externalidades, despreza-se, também, o poder de se influenciar uma rota, tendo em vista os objetivos mais amplos de Planejamento Urbano.

O primeiro critério de WARDROP é equivalente à noção de preço de custo médio da teoria econômica: os motoristas devem ser considerados como se agissem egoisticamente, pelo fato de que consideram somente seus próprios tempos de viagem individualmente, e tomam as decisões

da escolha de rotas, e não a maneira pela qual suas rotas influenciam o tempo de viagem agregado, experimentado por todos os motoristas, isto é, eles baseiam suas decisões de escolha de rotas no relacionamento do tempo de viagem médio e desconsideram as externalidades negativas sobre o meio ambiente urbano.

O segundo critério de WARDROP implica em que os motoristas selecionem suas rotas, de acordo com o critério de custo marginal da teoria econômica. Considera-se, neste caso, que os motoristas agem como se soubessem o modo pelo qual suas escolhas de rotas influenciam os tempos de viagem de todos os motoristas que utilizam a rede rodoviária. Se os motoristas reagem aos custos marginais que eles criam, quando escolhem uma rota, então o tempo de viagem total de todos os veículos que utilizam o sistema será minimizado.

Uma série de estudos do comportamento do motorista, na seleção de rotas, tem mostrado que os motoristas se comportam de acordo com algum critério intermediário entre os dois mencionados anteriormente (HUTCHINSON, 1979).

Três procedimentos foram desenvolvidos, com o objetivo de atribuir as estimativas das viagens futuras a um sistema de transportes:

- a - Atribuição por curvas de desvio
- b - Atribuição tudo ou nada
- c - Atribuição com restrição de capacidade.

O procedimento de atribuição de tráfego é baseado na seleção do caminho de tempo mínimo sobre uma rota real entre duas zonas: consiste em escolher o caminho mínimo entre zonas, atribuir as viagens previstas na rede e acumular volume de tráfego para cada seção da rota.

O caminho de tempo mínimo é a rota mais curta de um centróide de zona a outro e esta rota é conhecida como

uma árvore. Esta árvore é determinada por procedimentos computacionais que, partindo do nó inicial, comparam os tempos de viagem entre os nós adjacentes para determinar o caminho mais rápido entre todos os nós.

O próximo estágio no processo é atribuir as viagens de zona a zona aos ramos das rotas de caminho mínimo (árvores). As viagens geradas por cada zona são consideradas sucessivamente, repetindo-se o processo até que as viagens de todos os centróides tenham sido carregadas nos ramos da rede.

Nesse estágio, os carregamentos de tráfego nos ramos individuais da rede podem exceder a capacidade das facilidades propostas e um novo conjunto de caminhos de tempo mínimo deve ser determinado, usando-se para isto um conjunto de tempos de viagem ajustados. Se isto é feito automaticamente, o programa é conhecido como programa de atribuição por restrição de capacidade e uma série de ajustes são feitos na rede depois que o programa computacional verificou a razão de (volume de tráfego atribuído/capacidade da via) para cada ramo, de acordo com uma relação predeterminada.

Esta relação é baseada na suposição de que, quando aumenta o volume de tráfego em um ramo, também aumenta o tempo de viagem nesse mesmo ramo. Assim, a velocidade necessária para se viajar nesse ramo é reduzida, da mesma maneira como o aumento de congestionamento causa a diminuição de velocidade, em situações reais.

#### a. Curva de desvio na atribuição de tráfego

Para qualquer viagem de uma zona a outra há, usualmente, várias rotas alternativas que podem ser escolhidas pelo passageiro que faz a viagem. Cada rota tem uma

"resistência à viagem" - ou impedância própria, resultante de características tais como distância, tempo de viagem, velocidade e nível de serviço.

Essas características são avaliadas, ou não, pelo motorista, antes que uma determinada rota seja escolhida. Deste modo, uma rota com resistência à viagem muito alta, isto é, uma via muito movimentada, com paradas de ônibus, com estacionamentos de carros, com numerosas interseções e pedestres, não será usada por tantos motoristas quanto uma rota que tenha uma resistência à viagem menor.

As curvas de desvio são traçadas para permitir que as atribuições sejam feitas às rotas de transportes propostas. Entretanto, as curvas de desvio tem suas limitações. Embora as características da atual impedância de viagem estejam refletidas nas curvas, não se pode garantir que essas características irão se manter no futuro, o que vai depender da natureza e do propósito das mudanças realizadas no sistema de transporte. Por exemplo, se a rede viária é completamente alterada e o nível de serviço melhorado, as características da rede antiga são também passíveis de mudança. Ao mesmo tempo, a atitude dos motoristas em relação a fatores tais como tempo, distância, conforto e conveniência, pode também mudar. De uma forma geral, as atribuições por meio de curvas de desvio não são ideais para os estudos de transportes de uma grande área, onde mudanças a longo prazo são propostas para o sistema de transportes.

#### b. Atribuição tudo ou nada

O método de atribuição tudo ou nada baseia-se na suposição de que o caminho seguido pelos veículos, viajando da zona de origem à zona de destino, será aquele de menor

impedância de viagem. Embora a impedância de viagem possa ser medida em termos de distância, custo, tempo ou alguma combinação desses fatores, a medida geralmente usada é o tempo.

O procedimento básico na atribuição tudo ou nada envolve:

1. A descrição e codificação da rede em ramos e nós;

2. A determinação do caminho de tempo mínimo de cada zona em relação às outras zonas. Este estágio é frequentemente mencionado como construção de árvores.

3. A atribuição de todo fluxo de tráfego de uma zona a todas as outras zonas, por intermédio do caminho mínimo apropriado e o acúmulo dos fluxos totais em cada ramo da rede.

Este processo é repetido até que todos os nós tenham sido alcançados pelo caminho de tempo mínimo, a partir do centróide da primeira zona. O mesmo procedimento é usado para construir as árvores para todas as zonas da rede.

Para completar esse estágio do processo, deve-se fazer uma verificação para se assegurar que nenhum ramo da rede esteja supercarregado. Um ramo supercarregado é aquele em que o total de viagens atribuídas excede à sua capacidade viária.

#### c. Atribuição por restrição de capacidade

O primeiro estágio da atribuição por restrição de capacidade envolve a construção de árvores de caminho mínimo exatamente da mesma maneira como são construídas para a atribuição tudo ou nada.

O tráfego é, então, atribuído a esses caminhos mínimos mas, quando o volume atribuído a cada ramo se

aproxima da capacidade prática, o programa computacional - através de um procedimento interativo no qual a informação do ramo carregado é usada para o processo de construção de árvores - reduz automaticamente as velocidades dos ramos afetados, fazendo com que esses ramos se tornem menos atrativos ao tráfego.

O procedimento, para a descrição e codificação da rede necessária à atribuição por restrição de capacidade, é idêntico àquele utilizado na técnica tudo ou nada.

O primeiro conjunto de caminhos mínimos entre os centróides é também determinado de maneira similar - usando-se a capacidade prática de cada ramo e a velocidade na qual o tráfego poderia fluir quando carregado à sua capacidade viária ótima.

O tráfego de cada zona de origem a cada zona de destino é, então, atribuído à rede e os carregamentos em cada ramo são comparados com a sua capacidade prática.

Se um ramo torna-se supercarregado, então um novo tempo de viagem - para levar em conta o efeito de congestionamento ou o efeito que o excesso de volume de tráfego acarreta na velocidade - é calculado para aquele ramo.

Esse método de ajustamento elimina as grandes oscilações nos carregamentos dos ramos de uma iteração para a outra. O próximo passo, no procedimento, envolve a construção de um novo conjunto de árvores, usando-se em cada ramo as velocidades ajustadas.

O tráfego é atribuído à rede modificada; a razão volume/capacidade é novamente examinada e, se necessário, novos ajustamentos são feitos nos ramos supercarregados. Esse processo pode continuar por quanto tempo se deseje. Entretanto, a experiência sugere que, depois de quatro iterações, a exatidão das atribuições não melhora muito.

Os princípios básicos de atribuição de tráfego por automóvel são aplicáveis às atribuições dos movimentos através do sistema de transporte público. O conceito de resistência à viagem também aqui se aplica. Em muitos casos, os mesmos tipos de atribuição de tráfego são usados para atribuir os movimentos de transporte público, embora alguns ramos artificiais precisem ser inseridos na rede para se levar em conta fatores como o tempo de transferência de um tipo de transporte público para outro, o tempo de espera e o tempo de caminhada na origem e no destino (BRUTON, 1979 ).

### 2.3. C=ICAS E ALTERNATIVAS AO MODELO DE 4 ETAPAS

Conforme já citado no capítulo 1, as principais críticas ao processo de Planejamento de Transportes Urbanos, praticado com base nos modelos desenvolvidos nos Estados Unidos e Grã-Bretanha, prendem-se aos seguintes aspectos (BRUTON, 1979 e O.E.C.D., 1971):

- operacionais : constata-se muita ênfase nos problemas técnicos associados à previsão de tráfego e planejamento da rede e muito pouca atenção às necessidades de transporte da comunidade como um todo.

- técnicos : o processo é criticado por desconsiderar planos alternativos e políticos, pela definição inadequada de metas e objetivos e por basear a avaliação das propostas alternativas somente no campo económico.

A complexidade dos planos, pela inclusão de um maior número de variáveis estritamente operacionais facilitada pela facilidade permitida pelo uso da computação- acrescentou ao processo detalhes que lhe aumentaram a abrangência, apesar



de não alterarem o enfoque inicial. Esta procura de aumento do número de variáveis operacionais tornou-se, com o tempo, uma virtude a ser perseguida.

Segundo as críticas de ATKINS (1977), "esta complexidade tem o objetivo de ocultar, em lugar de revelar, as relações básicas entre transporte, uso do solo e acessibilidade. Os modelos são vistos como "caixas pretas" que, quando alimentadas com os dados necessários, ditam atribuições de tráfego, com poucas pessoas realmente entendendo o processo e a sequência de operações dentro da caixa. Poucos técnicos se tornam cada vez mais responsáveis pela interpretação dos resultados dos estudos e desenvolvimento da política de implantação, ficando tão absorvidos em detalhes técnicos que deixam de questionar o significado da estrutura global do modelo, ou as implicações das várias hipóteses. Como resultado, raramente se consegue uma avaliação competente e não apaixonada do ponto de vista técnico. Neste quadro o responsável pelas tomadas de decisão com base nos resultados, tem uma vaga esperança de que possa entender ou perceber os métodos e as hipóteses utilizadas".

Ressalte-se que tem sido uma constante na experiência do Planejamento de Transportes o não reconhecimento do seu papel como um dos diversos instrumentos importantes para dirigir e estruturar o meio ambiente urbano, predominando o Planejamento de Transportes como um exercício de projeto do sistema físico que tem suas preocupações centradas nas demandas individuais dos usuários, dedicando demasiada atenção em atendê-las, sem questioná-las.

O modelo de 4 etapas apresenta, ainda, limitações na avaliação dos impactos sobre a estrutura urbana nos aspectos referentes a: acessibilidade sobre a distribuição

repercutem sobre a mobilidade horizontal e vertical população; alteração do meio ambiente natural.

Como foi visto anteriormente, a previsão dos fluxos e sua atribuição em um sistema de transportes é uma aplicação da teoria econômica do equilíbrio entre a oferta e a demanda ( item 2.2.4. ). Aqui, advogamos que, num nível de previsão, se levem em conta os objetivos globais da comunidade e não o interesse individual do cidadão. Na fase de atribuição, segundo o mesmo princípio, devem-se adotar metodologias de avaliação dos impactos provocados pelos fluxos de tráfego sobre o meio ambiente urbano, não se restringindo apenas ao objetivo de atender à demanda em função da disponibilidade de capacidade viária e investimentos públicos.

As preocupações de um planejamento mais abrangente devem colocar a estrutura de transportes a serviço dos objetivos de qualidade de vida da comunidade, verificando que tipo de valores ela possui, quais seus problemas reais e, a partir daí, pensar o sistema de transportes privilegiando ou não determinada tecnologia e modalidade transporte, reforçando ou não determinada linha de desejo de transportes, em função, não mais da projeção da situação existente para um ano meta do projeto através das demandas individuais, mas da necessidade de toda a cidade como meio ambiente sócio-cultural e natural.

### 2.3.1. Evolução e limitações da proposta sistêmica no âmbito do Planejamento de Transportes Urbanos

A necessidade de se adotar, no planejamento de transportes, um enfoque que defina o sistema em função dos objetivos do sistema urbano passou a ser percebida como

alternativa à abordagem funcional de tráfego, adotada tradicionalmente pelo processo de planejamento funcional, onde tendem a predominar metas relacionadas com segurança ( redução de acidentes), economia de tempo de viagem, redução de custos operacionais, aumento de eficiência e mobilidade.

Diante dessas críticas e com base nos princípios de engenharia de sistemas, enunciados por HALL (1962), o enfoque sistêmico foi incorporado ao Planejamento de Transportes Urbanos . Uma importante inovação trazida por essa abordagem é a alteração do próprio processo de planejamento: o planejamento sistêmico de transportes formula metas e objetivos partindo do conhecimento da realidade urbana. Assim a avaliação das condições existentes na comunidade, presente na definição e desenvolvimento das soluções, é um ponto forte na concepção de planejamento sistêmico.

Tomando por base os princípios do planejamento sistêmico, HUTCHINSON (1979) identificou as seguintes fases, que denominou de "morfologia de planejamento" :

- . Definição do problema
- . Geração da solução
- . Análise da solução
- . Análise e escolha
- . Implementação

Embora a definição do problema pareça uma etapa óbvia do planejamento , há exemplos de casos em que foram recomendadas soluções a problemas que não haviam sido definidos, ou inexistiam, ou na melhor das hipóteses, não eram prioritários para a comunidade.

A maneira pela qual o problema é definido condiciona o restante do processo. Foi apontado anteriormente que o principal objetivo da maioria dos estudos de Planejamento de Transportes Urbanos realizados

até o presente, tem sido o dimensionamento, em termos de capacidade das redes de transportes, ditado pelas projeções das tendências de uso do solo.

Essa linha de ação era compatível com a percepção do problema de transportes urbanos existente durante os anos 50 e início dos anos 60.

MARTIN (1970) observou, em relação ao London Transport Study, que "Nos anos 50, o problema era definido em termos mais restritos de congestionamento das ruas da cidade. Como remover tal congestionamento e o que fazer para o crescimento futuro do tráfego. Isto era certamente uma consideração importante na definição dos objetivos iniciais dos estudos londrinos em 1960. O crescimento rápido dos automóveis particulares era esperado, mas não havia base para estimar qual seria o acréscimo sobre o tráfego de rodovias e como a natureza e as tendências das viagens seriam influenciadas."

Os planejadores de transportes urbanos reconhecem, atualmente, que não há um problema único de transporte urbano, mas um conjunto de subproblemas de diferentes escalas e alcances. O quadro 01 relaciona alguns destes problemas, juntamente com as exigências do processo de previsão de demanda de viagens necessárias, como auxílio na solução dos mesmos.

A fase seguinte, de geração de soluções, tem por finalidade apresentar uma linha de alternativas que satisfaça aos objetivos estabelecidos em todos os níveis, sem ferir as restrições.

O objetivo da fase de análise da solução é prever o provável estado operacional de cada um dos sistemas alternativos gerados na fase anterior.

Os valores de input continuam sendo estimados

## QUADRO 01

Inter-relacionamento entre tipos de problemas de planejamento de transportes e necessidades do processo de previsão de demanda de viagens

Tipos de problemas de planejamento de transportes	Necessidades do processo de previsão da demanda de viagens
Impactos ambientais das facilidades de transportes	Habilidade para fornecer estimativas mais detalhadas de demanda de viagens em pontos específicos de modo a estimar níveis de ruído, impactos sobre a poluição do ar etc.
Planejamento estratégico de uso do solo e serviços de transportes publicos	Habilidade para modelar a interação entre a distribuição da atividade humana e as propriedades do sistema de transportes e para confrontar com modelos de planejamento da demanda habitacional e dos serviços públicos
Planejamento do transporte público	Habilidade em modelar demandas de viagens para cada grupo sócio-econômico com ênfase sobre a interação entre oportunidades habitacionais, de emprego e

Fonte: Hutchinson, 1979

que vem sendo desenvolvido desde a década de 50. A proposta que a abordagem sistêmica coloca é não utilizá-lo como um fim em si mesmo, mas ligado a objetivos do Planejamento Urbano.

WINGO e PERLOFF (1961) argumentam que "um sistema de transportes não deve ser escolhido exclusivamente em consequência de sua habilidade em satisfazer a demanda por viagens..., os efeitos secundários desse tipo de escolha podem ser tão esmagadoramente negativos no campo dos serviços públicos, que os benefícios de curto prazo nos quais a escolha foi baseada, são anulados."

A avaliação e escolha do sistema alternativo que satisfaça aos objetivos, deve ser fornecida pelos valores das variáveis de output previstos na etapa da análise de soluções, segundo as funções de valor e o critério de decisão identificados na etapa de definição do problema.

A implementação consiste na estratégia para implantação do sistema escolhido.

A abordagem sistêmica tenta superar a idéia corrente da adoção do modelo de 4 etapas como decisor - onde os resultados são seguidos e adotados como superiores a qualquer outro critério, por serem resultado de sofisticados métodos matemáticos elaborados com o auxílio de programas computacionais - colocando-o numa posição mais realística de valioso instrumento na análise da situação de tráfego futuro.

Assim, a partir da década passada, a eficiência, embora ainda importante, começou a não ser a única referência, como era anteriormente encarada. Nesse momento, entram em discussão também questões de equidade, tais como: quem paga e quem se beneficia, o equilíbrio entre sistemas de transporte e o meio ambiente ou o fornecimento de

Hoje, os planejadores de transportes urbanos reconhecem a existência de problemas fora da especificidade do "setor", numa rede de subproblemas de diferentes escalas, e alcances.

Segundo HUTCHINSON (1979), são objetivos do planejamento sistêmico de transportes:

a. Desenvolvimento de um sistema de transportes com uma escala de serviços que sirva a todos os grupos sócio-econômicos numa área urbana e que seja compatível com as oportunidades urbanas residenciais, de emprego e outras disponíveis para esses grupos;

b. Criação de um sistema de transportes que produza impactos ambientais aceitáveis e que seja compatível com os princípios de planejamento incorporados ao plano de uso do solo;

c. Garantia de que os custos operacionais, de acidentes e de tempo dos usuários do sistema de transportes sejam minimizados;

d. Garantia de que os custos dos recursos, necessários para a construção, operação e manutenção do sistema, sejam minimizados.

Diante destes objetivos, o planejamento de transportes, que trabalha com horizontes de 15 ou 20 anos, torna-se uma tarefa inviável numa sociedade em processo de mudança.

Conhecendo-se os métodos adotados no Planejamento de Transportes, para responder às situações do transporte a longo prazo, fica mais clara a impossibilidade de atingir esses objetivos. As suposições básicas da modelagem dão suporte a modelos que são ajustados para as condições do ano-base, o que implica uma hipótese de não mudanças nos

projeto.

Apesar da discussão teórica já ter evoluído, a prática demonstra que as propostas dos técnicos da área têm se centrado em questões, como as vantagens do transporte de massa, preocupação com o aumento da tarifa, a organização do sistema viário e a interdição de carros no centro da cidade, elaborando-se medidas genéricas que, uma vez chegado o consenso, no meio técnico, passam a ser adotadas indiscriminadamente.

Apesar de já ter incluído algumas variáveis de caráter "social", o Planejamento de Transportes ainda continua arraigado a uma postura que o identifica com o Planejamento Racional, ao assumir dogmas que são suas verdades, não definindo o problema porque já se sabe que planejar é implantar a verdade técnica (CAMHIS, 1975).

Dentro deste enfoque o Planejamento , resume-se na procura dos dados que justifiquem e permitem a implantação das soluções prontas, "pacotes" tecnológicos aplicáveis às mais diversas situações.

Pelo que já foi discutido, pode-se afirmar que a decisão sobre qual o sistema de transportes que melhor serve às necessidades da comunidade não pode ser tomada a partir da simples aplicação do modelo de 4 etapas.

A estimativa do tráfego futuro, mesmo com o maior número de variáveis que se possa incluir em sua previsão, é um instrumento poderoso e importante, mas - estabelecendo seus limites - deve somente ser utilizada para racionalizar o processo de tomada de decisões, para que estas sejam mais justas e lógicas do que intuitivas.

Segundo BRUTON (1979), "o processo de planejamento dos transportes é basicamente um auxílio para que se tome decisões metodicamente e não o instrumento preciso que algumas pessoas pensam que é"



#### 2.4. INSERSÃO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE AMBIENTAL NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS

A análise do modelo de 4 etapas deixa como subsídio ao desenvolvimento desta dissertação a confirmação da hipótese de que o Planejamento de Transportes Urbanos não inclui variáveis que extrapolem os objetivos de atendimento das demandas individuais dos usuários do sistema, salientando-se o interesse em atendê-las e não questioná-las.

Visando inserir a preocupação com a qualidade ambiental, no Planejamento de Transportes Urbanos, propomos três fatores que resumem as condições de emissão, dispersão e concentração de poluentes devidas ao tráfego urbano.

- Fatores Operacionais: características e condições de operação do tráfego urbano pela modalidade de veículos automotores, que implicam alterações no meio ambiente urbano, nos aspectos de poluição do ar e sonora;
- Fatores Topográficos e Climáticos: características e condições topográficas e climáticas da localização da via que interferem na dispersão/concentração dos poluentes aéreos e ruído, gerados por veículos automotores;
- Fatores de Configuração Espacial da Via e seu Entorno: características da forma urbana que interferem na dispersão/concentração dos poluentes aéreos e ruído gerados por veículos automotores.

As relações entre estes fatores não possuem significação, de forma isolada, adquirindo maior ou menor importância de acordo com o contexto em que ocorrem

Interessa-nos conhecer, nesse caso, as variações e influências dos índices de poluição do ar e sonora no desenvolvimento das funções urbanas (usos do solo).

Abordaremos, a seguir, os impactos provocados no meio ambiente urbano, pelo sistema de transportes urbanos, sua natureza e tipos, objetivando subsidiar uma nova conceituação metodológica que inclua os fatores definidos acima.

### CAPÍTULO 3

#### IMPACTOS DO SISTEMA DE TRANSPORTES URBANOS SOBRE O MEIO AMBIENTE

Apesar de não haver dúvida de que a implantação de qualquer sistema de transportes provoca alterações nas acessibilidades, induzindo modificações na qualidade e intensidade do uso do solo urbano, bem como impactos sobre o meio ambiente sócio-cultural e natural, estes impactos são muito pouco conhecidos, tanto em sua natureza, quanto, principalmente, em seus aspectos quantitativos (FARRET, 1985).

A conceituação do que vem a ser impactos no Planejamento de Transportes Urbanos pode ser expressa como as consequências sobre o meio ambiente urbano de uma tomada de decisão, com desdobramentos sociais, ambientais e econômicos ou a combinação destes vários elementos.

A priori, pode-se dizer que todos os projetos de transporte causam algum impacto e que cada um deles tem seu efeito peculiar em virtude da amplitude de suas propostas e inserção no contexto urbano.

Ao se estudar impactos de qualquer tipo de proposta de planejamento é importante se ter claro que a sociedade, como um todo, vai sentir os efeitos das intervenções, com o agravante de que estes efeitos não são divididos de forma igualitária entre os vários segmentos da sociedade, ou seja, determinados grupos são afetados de forma mais acentuada que outros, pelos efeitos das decisões implementadas.

As intervenções do setor de transportes são capazes de afetar o meio ambiente próximo (sentido no qual

área de\_influência direta) e o distante (na sua área de influência indireta), em suas características físicas, químicas, biológicas, sociais, culturais e econômicas.

FARRET (1985), mostra os problemas de avaliação de impactos no Planejamento de Transportes Urbanos e classifica os diferentes tipos de impactos e sua influência sobre os diferentes aspectos que compreendem o meio ambiente urbano. Creditamos a negligência na avaliação de impactos tanto às dificuldades na sua avaliação - inexistência de métodos que englobem todos os aspectos não-mensuráveis presentes na questão - quanto à predominância da corrente metodológica seguida no processo de Planejamento de Transportes Urbanos, conforme visto anteriormente.

No que diz respeito à inexistência de métodos, provavelmente a principal dificuldade na determinação de "impactos" reside no fato de não se poder medir os efeitos como se fosse um "experimento controlado". Não é possível determinar impactos no meio ambiente urbano dissociados de todo o contexto do projeto e do espaço urbano envolvido, observando apenas o "antes" e "depois" ou provável "depois", no caso de alternativas de projeto.

Não se possuindo controle do processo, as diferenças não podem ser atribuídas somente ao projeto em estudo, já que nesse período, o efeito de outros fatores já se faz presente. O que se procura, apesar das dificuldades, é a comparações das situações com e sem a existência do projeto, inserido no contexto urbano.

Procurando sistematizar o estudo da questão dos impactos devidos ao sistema de transportes, FARRET (1985) estabeleceu uma distinção entre impactos de natureza operacional e sócio-espacial:

1. Operacionais:

desempenho do sistema de transportes, após a implantação da ação proposta. Em geral, os estudos de avaliação de impactos têm se concentrado nesta categoria por estar assentada sobre os elementos que justificam a própria proposta. Os indicadores mais utilizados na avaliação destes impactos são: o tempo de viagem; o consumo de combustível; o valor da tarifa; a demanda real; o conforto; a orientação e a segurança do usuário."

## 2. Sócio-espaciais:

" Os indicadores utilizados na avaliação desta categoria de impactos podem ser agrupados em:

### a. Indicadores da configuração urbana:

São os que direta ou indiretamente, determinam ou condicionam a forma espacial urbana. São eles: o uso e a ocupação do solo; a função e hierarquia viária e os valores imobiliários."

### b. Indicadores ambientais:

" Referem-se àqueles capazes de identificar as transformações, não só nas condições qualitativas do meio ambiente físico, como, também, na paisagem social e cultural, historicamente produzida e acumulada nas comunidades locais. São eles : o nível de ruído, a qualidade do ar, as tipologias urbanísticas e arquitetônicas e a paisagem sócio-cultural."

### c. Indicadores sócio-econômicos:

Estes dizem respeito, mais especificamente, às características sociais e econômicas da população.

Pesquisas procedidas por GUTMAN (1986) também apontam para uma gama de impactos que corroboram com as categorias de FARRET:

- impactos diferenciados das diversas tecnologias de transporte sobre a qualidade ambiental;

impactos desiguais dos investimentos de transporte sobre o acesso de diversos grupos sócio-econômicos à oportunidade de empregos;

- impacto de variações de acessibilidade sobre a distribuição espacial de atividades urbanas;

impactos sobre a saúde e perdas de oportunidades não econômicas (alteração paisagística, comunicação, recreação etc);

impactos sobre o meio ambiente natural (contaminação atmosférica, hídrica, ruído e aumento da carga térmica do meio).

Apesar do reconhecimento destes diferentes tipos de impactos, a prática do Planejamento de Transportes tem-se restringido a avaliar os impactos intrínsecos ao sistema e com método calcado exclusivamente sobre variáveis passíveis de quantificação (WRIGHT,1985 ; EDMUNDS eLETEY,1973).

### 3.1. OS IMPACTOS E OS MÉTODOS TRADICIONALMENTE UTILIZADOS NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS

A evolução do processo de Planejamento de Transportes Urbanos que levou à incorporação da avaliação dos impactos produzidos pelo sistema esbarrou em reduções de abordagem nos níveis conceituai e metodológico (TEITZ, 1968 in FARRET/BICCA, 1981). No nível conceituai analisa-se os inputs ao invés dos outputs do sistema. No nível metodológico fica-se limitado à abordagens econômicas do tipo custo/benefício. Em outras palavras, avaliam-se os objetivos da proposta face a seus custos o que não chega a configurar uma avaliação de impactos.

De forma objetiva podemos definir o processo de avaliação de alternativas de projeto em transportes urbanos como o confronto entre as vantagens e desvantagens a fim de

obter os benefícios líquidos que serão produzidos pelo sistema proposto, e comparar com os objetivos e metas definidos num dado momento, possibilitando a tomada de decisão.

Em qualquer caso, a eleição da melhor alternativa depende dos critérios; estes, por sua vez dependem dos objetivos. Fica claro que não existe, portanto, um único padrão de avaliação. O projeto que proporciona maior lucro pode não ser o que permite maior economia de um recurso raro ou o que mais contribui para uma melhor distribuição de benefícios sociais.

Tradicionalmente, as técnicas de avaliação de projetos têm sido objeto de estudo da teoria econômica, com a predominância da análise custo/benefício (existe toda uma família de indicadores numéricos que utiliza o conceito da análise custo/benefício (WRIGHT, 1985).

Em tese, a aplicação desta técnica é um exercício comparativamente simples; no geral, custos (incluindo custos de capital e manutenção) e benefícios (incluindo economia nos custos de tempo, acidentes e operação) são avaliados para anos futuros e atualizados para o ano base, de forma que a taxa de retorno sobre os investimentos possa ser calculada.

Assim, este método consiste no cálculo da razão valor presente dos benefícios/valor presente dos custos, onde são considerados apenas os impactos que possam ser expressos em termos monetários, pretensamente expurgados de distorções advindas de impostos, subsídios, restrições ao livre comércio, etc. (WRIGHT, 1985).

Entretanto, se conceituarmos custos e benefícios como sendo os impactos de um projeto de transportes urbanos, fica difícil a aplicação da técnica custo/benefício, exceto

com as hipóteses que, necessariamente, assumem valores para custos e economias futuras e para os custos e benefícios do meio ambiente sócio-cultural e natural (EDMUNDS et alli, 1973).

A análise de custo-benefício, instrumento que a microeconomia nos fornece, tem-se mostrado particularmente inadequada à análise da questão porque é muito difícil monetarizar quando há que se levar em conta os custos, não do empreendimento em si, mas dos custos externos que serão ônus da sociedade. Este fato explica a negligência com que são tratados os impactos provocados pelas diferentes tecnologias de transporte sobre o nível de qualidade atmosférica e sonora do meio ambiente.

Assim, cabe mencionar de forma resumida, as principais características e impropriedades da análise tradicional de custo/benefício. Destacamos seus pressupostos de ausência de efeitos distributivos, da obrigatoriedade da quantificação de todas as variáveis e da existência de restrito número de alternativas de projeto.

Sobre a limitação da análise custo/benefício, MISHAN (1976) destaca que o fundamento teórico dessa análise deriva-se do conceito de otimização paretiana. Sob esta ótica, os únicos projetos que melhoram o bem-estar público sem recorrer a juízos de valor inter pessoais são aqueles que deixam pelo menos uma pessoa em melhor situação, sem piorar a de mais ninguém.

Desta forma, a análise custo/benefício aplicar-se-ia a casos específicos onde, principalmente, não houvessem implicações distributivas provenientes do financiamento ou dos benefícios do projeto. Em situações onde a renda é mal distribuída, qualquer investimento público, em área urbana especialmente, irá provocar



projeto entre a população (WRIGHT, 1985).

A visão das limitações dos métodos e da importância e número dos impactos provocados pelo sistema de transportes aponta a necessidade de redirecionamento do enfoque do problema.

Introduzir variáveis sobre os recursos e a população afetada, demanda informações sobre usos alternativos e seus efeitos na qualidade de vida enriquecendo o sistema de referencia e o número de alternativas de projeto a considerar.

Enquanto os critérios de decisão, de engenharia de tráfego e econômicos apontam normalmente para minimizar custos e/ou maximizar os resultados das técnicas disponíveis, uma metodologia voltada para a avaliação dos impactos sobre o meio ambiente consistiria em causar o menor dano ambiental ao entorno do projeto (população e meio ambiente sócio-cultural e natural).

Trata-se de identificar a maior ou menor capacidade de suporte de diferentes ambientes, espacialmente localizados, sujeitos a diversos tipos de ação.

Em relação, especificamente, às intervenções do sistema de transportes sobre o meio ambiente urbano, a questão, apesar de redirecionada, ainda não se apresenta de fácil solução, uma vez que hoje os principais objetivos do sistema de transportes urbanos, como visto no capítulo 2, mostram-se conflitantes na prática:

1. maximizar a acessibilidade agregada fornecida pelo sistema de transportes;
2. maximizar a qualidade ambiental agregada da área urbana relacionada aos produtos do sistema de

3. maximizar a obtenção de tendências desejáveis de desenvolvimento urbano a longo prazo.

Esses objetivos sugerem que o problema central na avaliação de impactos em transportes urbanos é determinar que tipo de desenvolvimento urbano constitui o alvo das preferências ambientais da população, assim como de suas exigências em relação à acessibilidade.

Simplificadamente, pode-se dizer que acessibilidade é o produto final do Planejamento de Transportes e que para ser atingida modifica o meio ambiente urbano em níveis diferenciados, alterando, em última instância, a qualidade ambiental.

A experiência de muitos países tem demonstrado que acessibilidade e qualidade ambiental apresentam uma incompatibilidade flagrante: o aumento de acessibilidade através de veículos motorizados tem reduzido a qualidade ambiental das áreas-alvo de projeto (HUTCHINSON, 1979).

Sugere-se, aqui, que o conflito entre o fornecimento de acessibilidade e qualidade ambiental é, provavelmente, a questão dominante relacionada aos transportes urbanos com relação aos impactos sobre o meio ambiente natural.

### 3.2. ACESSIBILIDADE X QUALIDADE AMBIENTAL

Dois conceitos se destacam como essenciais para a proposta, objeto desta dissertação: acessibilidade e qualidade ambiental. Como ponto de partida utilizaremos o trabalho do prof. COLLIN BUCHANAN do relatório "Traffic in Towns" (1960).

Os princípios propostos pelo prof. Buchanan baseiam-se nos seguintes pontos:

1. A circulação é função das atividades urbanas localizadas em edifícios. A maneira como estes edifícios estão dispostos vai definir a natureza, a direção e o volume do tráfego.

2. O trânsito apresenta dois aspectos, a acessibilidade e a ambientação. A acessibilidade representa a liberdade dos veículos penetrarem até seu destino e ali estacionarem. A ambientação é a manutenção dos padrões aceitáveis quanto a periculosidade, inquietude, barulho, fumaça, vibração e intrusão visual.

3. O princípio básico do trânsito das cidades baseia-se numa rede viária primária que atenda as áreas da mesma vizinhança ambiental, (...) e progressivamente venha formar uma malha mais complexa.

4. Fundamentalmente, é desejável que as ruas de distribuição ou de acesso e as funções não se misturem. Em todas as cidades, menos nas menores, há necessidade de uma hierarquia no sistema de distribuição.

5. As ruas existentes possuem duas capacidades: a primeira é a capacidade pura de adequar o tráfego à sua largura e frequência de cruzamentos. A segunda é a capacidade de manter boas condições ambientais na rua e áreas circunvizinhas.

6. O tráfego pode ser dividido, de modo geral, em essencial e facultativo. O tráfego essencial distingue-se do facultativo porque pode ser calculado e medido uma vez que está relacionado às atividades conhecidas, às condições previsíveis e a serviço de emergência. O uso dos carros para fins opcionais, por outro lado, depende de uma série de fatores incertos e portanto incomensuráveis.

7. Deve existir uma política de implantação de um sistema circulatório baseado no melhor aproveitamento

sistema mesmo obsoleto, mas inevitavelmente necessário.

8. Deve ser implantada uma nova técnica de planejamento capaz de oferecer as perspectivas de por um freio à deterioração ambiental, e gradativamente, implantar uma rede de transporte, começando pela área de vizinhança ambiental como base do sistema.

Uma premissa importante do trabalho de Buchanan é que, desejando-se fazer frente a uma grande quantidade de tráfego em áreas densamente ocupadas, são inevitáveis alterações físicas, custosas e difíceis; para alterações menores e menos caras, deve-se esperar menor tráfego. Do seu ponto de vista é fundamental aceitar o veículo automotor como um benefício, e a partir daí, ver o que é necessário fazer na cidade para permitir que esta seja utilizada também pelo pedestre.

Na realidade, segundo ele, trata-se de tolerar o conflito inevitável entre acessibilidade e qualidade ambiental, para solucioná-lo em termos de investimentos. Fica implícita a idéia de que com altos investimentos se consegue melhorar a qualidade ambiental com altos níveis de acessibilidade.

Para BUCHANAN, acessibilidade encerra a idéia de mobilidade dos usuários de veículos que deveriam poder transitar de uma parte a outra da cidade a uma velocidade razoável, sem rodeios e de uma forma agradável desde o ponto de vista do condutor e ao aproximar-se de seu destino final, o condutor deve poder penetrar rapidamente e estacionar sem restrições.

Meio ambiente encerra a idéia de um lugar, uma área ou rua, que está livre dos perigos e moléstias do tráfego a motor.

predeterminada sobre qualidade ambiental, exposta da seguinte forma: "Toda área urbana, a partir de sua situação presente, possui padrões ambientais que determinam, automaticamente, a acessibilidade, mas que podem ser modificados em função da quantidade de dinheiro que se possa gastar em alterações físicas."

As afirmações de BUCHANAN, no entanto, não leva em conta que os recursos ambientais são limitados e muitos efeitos de poluição irreversíveis, ao mesmo tempo em que, embora se possa modificar características dos causadores e de absorção de impactos negativos com investimentos monetários, a quantidade dos investimentos é limitada e a viabilidade de alterações na indústria automobilística e na morfologia urbana também é limitada.

No que se refere a acessibilidade, embora muitos considerem que seja o produto de maior interesse para a comunidade, pouca concordância existe quanto a uma medida apropriada. Frequentemente, tem sido usada a definição que deriva do modelo gravitacional (BRUTON,1979).

Conceitualmente a acessibilidade é formulada segundo diferentes correntes teóricas. As expressões mais simples se referem à dimensão física, enfatizando a proximidade em termos de distância ou tempo. Um segundo enfoque considera as oportunidades alcançáveis a partir de uma determinada zona e o grau de facilidade em atingi-la. Uma outra corrente trabalha com as limitações de tempo e espaço em relação às diferentes classes de atividades urbanas (NOBREGA,1985).

O principal objetivo dos planos de transportes tem sido reduzir, para os usuários de transportes, os custos de operação e aumentar a acessibilidade.

Parece-nos claro que devemos continuar buscando

porém, a equidade na distribuição dos impactos negativos sobre o meio ambiente urbano.

Os estudos que tem sido desenvolvidos neste sentido, continuam dominados por uma perspectiva econômica que, mesmo levando em consideração conceitos de acessibilidade e qualidade ambiental, buscam, apenas a aplicação "ótima" de recursos em função dessas duas variáveis (EDMUNDS et alli, 1973).

A respeito das abordagens econômicas e com base em DICKINSON (1981) que trabalha na linha teórica de KENNETH BOULDING e NICHOLAS GEORGUSCO-ROBERT, precursores na preocupação quanto ao impasse entre a estrutura teórica da economia e a crise ambiental, podemos afirmar que a teoria econômica não desenvolveu meios de trabalhar no nível da racionalidade ecológica. A economia, por basear-se na mecânica clássica e no conceito de energia mecânica reversível, ignora a degradação irreversível da matéria e da energia, conceitos fundados na termodinâmica, na qual se apoia a ecologia. Com efeito, o desenvolvimento econômico faz por aumentar a entropia e causa um acúmulo irreversível de energia degradada (calor) e resíduos (DICKINSON, 1981).

Os estudos empíricos de avaliação de impactos prendem-se, geralmente, a um só lado da questão: os efeitos de poluentes devidos ao tráfego e os acidentes sem correlação com os usos do solo. Embora esses já tenham, há bastante tempo, desenvolvido métodos próprios de análise, acabam por não ser incluídos no processo de planejamento pela dificuldade de inserção de suas variáveis nos métodos de Planejamento de Transportes usualmente empregados.

### 3.3. SUBS=OS A UMA NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA. DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA

Partindo do conflito existente entre acessibilidade e qualidade ambiental, propomos a incorporação das preocupações com os impactos sobre o meio ambiente natural em termos de poluição do ar e sonora, no processo de planejamento durante a elaboração e avaliação de alternativas.

Durante a análise da metodologia de Planejamento de Transportes Urbanos, consolidada no modelo de 4 etapas, vimos que, na fase de atribuição de tráfego se trabalha com o conceito de capacidade viária. A capacidade viária é calculada em função de variáveis intrínsecas ao sistema de transportes, como a largura da via, o nível de serviços e o fluxo de tráfego.

Define-se capacidade viária como "o número máximo referem-se à composição do tráfego, ao alinhamento horizontal e vertical e ao número e largura de faixas da via.

Entendemos que, do ponto de vista da inserção, no processo de planejamento, de variáveis que levem em conta a qualidade ambiental, é a fase de atribuição de tráfego aquela que deve ser alterada, por ser essencialmente a fase propositiva.

Propõe-se, portanto, um ajuste de fluxos (atribuição) na rede viária para se distribuir benefícios e perdas em função da acessibilidade e qualidade ambiental, partindo do princípio que nem todas as áreas da cidade possuem as mesmas características de suporte ambiental, ou seja, diferentes áreas tem diferentes capacidades de absorção dos impactos negativos, até chegar à saturação e,

Torna-se importante, então, incorporar a avaliação dessa capacidade de absorção dos impactos negativos de poluição do ar e sonora - CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA - à avaliação da capacidade viária descrita anteriormente para, com essa adição, ser encontrada a real capacidade pela qual será atribuído o tráfego gerado no sistema.

Nessa nova situação, a atribuição do tráfego à rede viária existente será feita utilizando conhecimentos de engenharia de transportes disponíveis (item 2.2.), adicionando-se alterações fundamentais nas variáveis de escolha de rota. Ao invés do caminho mínimo aplicado à capacidade viária, ou seja, a quantidade de veículos possíveis de fluxo à uma velocidade considerada aceitável, se deve utilizar uma ponderação desta pela CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA.

Para o estabelecimento dos fatores que possibilitarão uma futura operacionalização da CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA em função dos usos urbanos, trabalharemos com a idéia de requerimentos ambientais, entendidos como sendo o conjunto formado pelas condições propícias à minimização dos impactos ambientais negativos derivados de atividades de transportes.

Parte-se do pressuposto de que, da mesma forma que é possível identificar - certas características operacionais do sistema de transportes urbanos, é possível identificar condições topográficas/climáticas e de configuração espacial da via que atuam como mecanismos de amenização e acentuação da poluição do ar e sonora (item 2.3.2.).

Conforme a intensidade do impacto provocado pela operação do sistema de transportes, supõe-se que existirá uma



características específicas que propicie a minimização ou maximização dos impactos negativos e positivos, respectivamente.

## CAPÍTULO 4

### TRANSPORTES URBANOS E IMPACTOS SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL

#### 4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO SISTEMA DE TRANSPORTES URBANOS

A partir da constatação de que danos ao meio ambiente podem ter reflexos econômicos negativos, os relatórios de avaliação de impactos ambientais desenvolveram-se contando, inclusive, com aparato empresarial, além do esforço institucional do Estado.

No caso dos transportes urbanos, com o aumento do volume de tráfego, os impactos negativos crescem acentuadamente; mesmo num nível em que eles eventualmente se compensem globalmente (balanço impactos negativos x impactos positivos) para um determinado indivíduo ou grupo social, o ônus ambiental pode ser relevante, exigindo a interferência do poder público (ação de planejamento).

Considerando condições adequadas, o planejamento deveria começar pela avaliação dos recursos do meio ambiente. Os fatores envolvidos devem ser superpostos cruzando-se com as ações propostas no Planejamento de Transportes Urbanos e os usos das áreas envolvidas determinando-se, assim, o que será positivamente ou negativamente afetado.

Neste sentido, adquire importância a análise de impacto ambiental como instrumento de tomada de decisão de planejamento e também político. Qualquer entidade governamental que enfrente o trabalho de estabelecer e impor padrões ambientais deve considerar mecanismos de controle de

poluição relativamente as demais metas de governo, decidindo não apenas se a poluição deve ser controlada, mas quanta poluição de que tipo deve ser controlada e onde, levando em conta os usos do solo envolvidos.

Para que tais decisões sejam tomadas de uma forma criteriosa, torna-se necessário o cálculo dos benefícios do controle da poluição, o que somente pode-ser feito através da consideração dos usos nos quais essa poluição irá intervir. Este tipo de cálculo implica a rejeição do controle da poluição como um fim em si mesmo, pois o valor real desse controle está na sua contribuição para objetivos mais amplos de uma sociedade.

Cabe aos estudos de impactos estabelecer os parâmetros de análise, tomando como base as características importantes do ambiente natural a ser potencialmente afetado (positiva ou negativamente) pela operação do sistema de transportes.

O objetivo da Avaliação de Impactos Ambientais é estimar quanto e quando o meio ambiente mudará em consequência da implantação de uma ação ou intervenção humana.

Tendo-se claro o conceito de meio ambiente com o qual se trabalhará, um estudo de impacto ambiental integrante do Planejamento de Transportes constituir-se-á dos seguintes passos (Prediction in Environmental Impact Assessment, 1984):

1. A identificação preliminar dos possíveis efeitos sobre o meio ambiente provenientes das ações/intervenções propostas.

- 2\_ O diagnóstico da situação atual do meio ambiente (excluídas as ações/intervenções propostas).

produzidos pelas ações/intervenções propostas em cada hipótese alternativa.

4. A previsão dos efeitos sobre o meio ambiente das ações/intervenções propostas em cada hipótese alternativa.

5. Avaliação das condições do meio ambiente, quer no presente como no futuro.

Ainda, segundo a mesma fonte, os diferentes tipos de modificação do meio ambiente produzidos pela infra-estrutura e operação do sistema de transporte urbano está associado a:

#### Aspectos do meio físico

ar - contaminação, ruído;

águas superficiais - alteração no regime, contaminação;

águas do subsolo - alterações do lençol;

solo - instabilidade estrutural, erosão, contaminação;

paisagem - interferência visual

espaço urbano - estrutura, uso do solo; alterações

prédios - vibrações, remoções/demolições;

#### Aspectos sócio-culturais

assentamentos humanos - indução, alteração;

insegurança da poluição;

saúde das populações - riscos;

expropriação de terras;

expropriação de benfeitorias;

patrimônio arqueológico - riscos, danos;

patrimônio histórico - riscos, danos;

organização das cidades - prejuízos

### Aspectos da biota

flora - danos;

fauna - prejuízos;

ecossistemas - alteração/destruição;

### Aspectos econômicos

extração de recursos naturais não renováveis;

consumo de recursos naturais renováveis;

reflexos sobre a produção de bens; alteração

na polarização regional; estrutura de

empregos - alterações; alteração do valor de

propriedades;

Na etapa de operação do sistema, adquirem importância os problemas de poluição do ar e sonora, assim como os que resultam da mudança de uso dos espaços lindeiros ( surgimento de novas atividades, densificação da ocupação etc. ).

A operação de um sistema de transportes, por outro lado, produz efeitos diretos não só sobre o meio ambiente natural, mas também, sobre a população. Conforme GUTMAN(1986) os efeitos são:

#### Sobre o ambiente natural

A. Contaminação do ar (CO, ON, SO, Aldeídos, Hidrocarbonetos, Chumbo, Asbestos, etc);

B. Contaminação hídrica por descarga ou vazamento ( hidrocarbonetos, fenóis, cloro, partículas etc);

C. Ruído;

D. Degradação física de áreas de preservação ambiental;

entorno, incêndios;

E. Descargas acidentais;

F. Consumo de energia, dispersão no ambiente de calor e contaminantes (mencionados nos itens A, B, C, E).

Sobre a população, segundo o mesmo autor, os efeitos são:

A. Efeitos econômicos positivos e negativos resultantes da mudança na acessibilidade (valor do solo, promoção ou desativação de atividades, mudança na mobilidade, nas demandas e nos recursos);

B. Efeitos na saúde (acidentes, contaminação, ruído, congestão, stress);

C. Incremento ou perda de oportunidades não econômicas (comunicação, culturais, recreação, alteração paisagística).

Assim, existem os efeitos indiretos de mais longo prazo que dizem respeito às mudanças acumuladas no meio ambiente natural como resultado da operação do sistema e dos processos sócio-econômicos que se dão no seu entorno.

É aceitável dizer que os efeitos indiretos de longo prazo ampliam e aprofundam situações já presentes em menor escala no curto prazo. No entanto, existem casos onde não resulta válida esta interpretação linear e gradual entre curto e longo prazo ou entre efeitos diretos e indiretos.

São estas situações:

A. Efeitos de umbral não linear;

B. Superação da capacidade de carga ou de disponibilidade de determinação dos recursos;

C. Risco de ampliação do espaço sujeito a impactos até níveis muito críticos ou especialmente negativos.

D. Consequências de inflexibilidade dos distintos sistemas (esvaziamento de ocupações).

Situações de umbral são típicas em problemas de contaminação, onde por um período, o aumento das emissões tem efeitos proporcionais, até que superados certos valores críticos, se desencadeia uma dinâmica diferente. Nestes casos, reduzir a emissão aos níveis anteriores não assegura que o sistema retroceda a situação anterior (GUTMAN, 1986 )

#### 4.2. A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SONORA COMO ELEMENTOS A SEREM CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE VIÁRIA

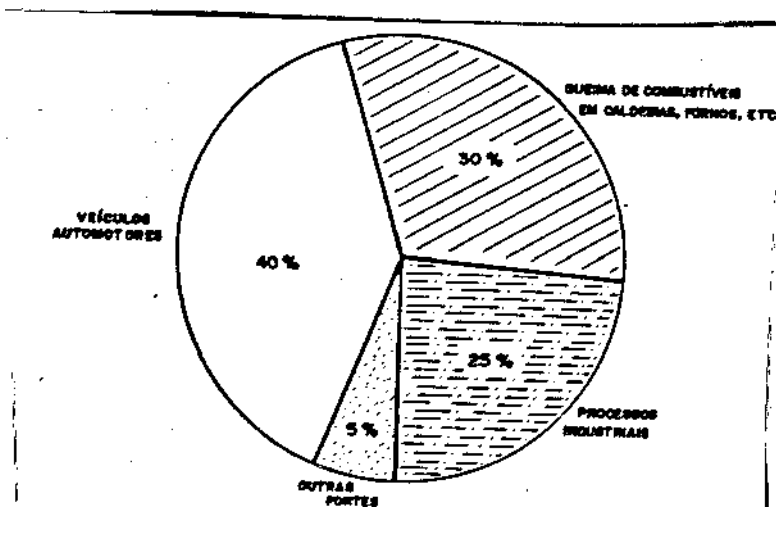
Destacamos o tipo de poluição urbana que é devida ao sistema de transportes urbanos, causada pelos veículos automotores. A princípio podemos dizer que a poluição do ar e sonora das grandes metrópoles possuem como causa principal o volume de tráfego, características do tráfego e hábitos de direção. Excluimos, aqui, trens e metrô por serem responsáveis por uma percentagem diminuta de viagens urbanas no Brasil (NEFUSI, 1975 e MOTA, 1981)-(fig.01 e quadro 02).

A poluição, simplificada, é a modificação das características de um ambiente, de modo a afetar, de maneira nociva, a vida e o bem-estar de todos os seres vivos.

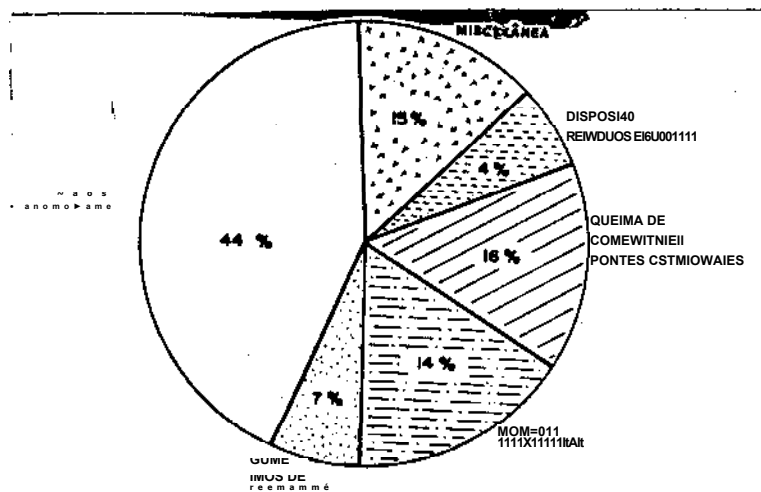
Os diversos tipos de poluição são caracterizados como poluição do ar, da água, do solo, poluição térmica, acústica e visual, sendo os principais fatores utilizados na caracterização do fenômeno da poluição: a intensidade, a continuidade e a efetividade. A intensidade é o fator quantitativo da poluição; a continuidade, a permanência de

FIGURA 0, 1'

Fontes de poluição do ar - São Paulo, 1975



Fontes de poluição do ar - Estados Unidos da América, 1975



Fonte: Mota, S. 1981



QUADRO 02

FONTE			CO		HC		NO <sub>x</sub>		SO <sub>x</sub>		M.P.'	
			•/dia	%	t/dia	%	t/dia	%	t/dia	%	t/dia	%
Veículos	Escapamentos	Gasolina	.4.729.	80	414	40	'104	16	22	3	18	7
		Álcool	<b>85</b>	1	4*	-	5,5	1	-	-	-	-
		Diesel	'629	11	102	10	459	71	300	40	29	11
		Táx	.196	•3	15	1	7	1	0,6	-	0,5	-
		Motos	53	1	20	2	0,3	-	0,2	-	0,4	-
	Evaporação de combustível	Gasolina	-	-	156	15	-	-	-	-	-	-
		Motos	-	-	0,6	-	-	-	-	-	r-	-
	Ventilação do carter	Motos	-	-	0,5.	-	-	-	-	-	-	-
		Veículos Leves	-	-	60	6	-	-	-	-	•-	-
		Veículos Pesados	-	-	100	9	-	-	-	-	-	-
	Pneus - Todos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	6
	Subtotal			5.692	96	862	83	<b>576</b>	89	<b>323</b>	<b>43</b>	64
Processos e GPerações Industriais			(105)	2,0	(136)	<b>13</b>	(62)	10	426	<b>57</b>	<b>163</b>	64
Queime de Resíduos Sólidos - 1978			120	2,0	39		7	1	1	-	<b>32</b>	12
TOTAL			5.918	100	1.047	100	<b>645</b>	100	750	100	259	160

FONTE: CETE5B. A Participação dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica, 1984.

Valor subestimado em pelo menos 50% devido á falta de adaptação do método de medição ao álcool combustível.

efetividade, a ação real sobre os seres vivos existentes no meio ambiente (RIBEIRO, 1977).

A intensidade e a continuidade estão relacionadas com a fonte que produz o poluente, sendo que o seu maior ou menor efeito sobre a qualidade ambiental depende do meio receptor.

A efetividade depende das condições do meio; assim, os gases residuais de uma fábrica que esteja isolada no campo somente ocasionarão poluição do ar para a cidade próxima se, por efeito dos ventos dominantes, forem dirigidos para lá e se acumularem em determinadas concentrações.

Apesar de nem sempre ser possível separar a poluição ambiental por modalidades (do solo, do ar, da água, acústica e visual), pois muitas vezes ocorrem conjuntamente, havendo muitos fatores de interdependência, abordaremos separadamente a poluição do ar e sonora para conhecer como as mesmas ocorrem, suas fontes de emissão, efeitos, condições de dispersão e concentração dos poluentes possibilitando a definição de variáveis relevantes ao seu controle.

#### 4.2.1. Fatores operacionais do sistema de transportes urbanos e a poluição do ar e sonora

As características de operação do tráfego urbano se constituem na ponte entre a questão dos transportes e a degradação da qualidade do meio ambiente natural.

Conforme já comentamos, os veículos automotores participam com grande parcela da carga poluidora do ar e ruído nas grandes cidades, onde o número de veículos é elevado e as condições de tráfego contribuem para agravar o

problema.

#### 4.2.1.1. Tráfego urbano e poluição do ar

A poluição do ar pode ser entendida como uma mudança indesejável nas características físicas e químicas do ar , afetando a qualidade do meio ambiente. Os efeitos negativos, decorrentes da ação dos poluentes, se fazem sentir de maneira ainda mais drástica quando emitidos em proporções que superam a capacidade de auto-depuração do meio ambiente natural.

As concentrações destes poluentes são variáveis, dependendo, de um lado, da emissão de matéria e energia, para o que contribui o regime de funcionamento dos motores, a sua regulagem, a velocidade desenvolvida e as condições do tráfego; do outro lado, da capacidade de dispersão do ambiente, que é função das condições climáticas, meteorológicas e topográficas do local. (COPPE/PET, 1980).

O motor de combustão interna é uma das mais importantes fontes de poluição do ar nas grandes cidades . Seus efeitos são mais imediatamente perceptíveis pela comunidade , em decorrência da proximidade entre a corrente de tráfego e os locais onde são exercidas as atividades humanas.

Admite-se que 40% dos problemas decorrentes da poluição do ar nos grandes centros urbanos são originados pela emissão de gases provenientes da combustão em veículos automotores, 50% produzido pelas indústrias e 10% por outras fontes (MOTA, 1981) - (quadro 03)

As condições de pouca fluidez do tráfego nas horas de pico aliadas aos grandes volumes de veículos que circulam pelas vias nestes períodos, contribuem para elevar em muito as concentrações dos poluentes nas imediações das

POLUENTE	Material particulado		Óxido enxofre		Monóxido carbono		Óxido nitrogênio		Hidrocarbonetos	
	t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total	t/dia	% do total
Processos e Operações Industriais	399	74	18	3	86	2			127	17
Queima de combustíveis em fontes estacionárias	28	5	551	83	19		62	20	9	1
Veículos Diesel	10	2	57	9	163	4	111	34	27	4
Veículos a gasolina	23	4	31	5	4.268	91	142	44	504	69
Queima de resíduos sólidos	32	6	1		120	3	7	2	39	5
Outros	51	9							27	4
<b>TOTAL</b>	<b>543</b>	<b>100</b>	<b>648</b>	<b>100</b>	<b>4.656</b>	<b>100</b>	<b>322</b>	<b>100</b>	<b>733</b>	<b>100</b>

FONTE: C E T E S B

principais corredores de transporte, tornando-os alvo de justificada preocupação no que diz respeito aos níveis de qualidade do ar e desempenho das atividades urbanas.

A emissão de poluentes por um veículo é fator inerente ao seu funcionamento. Entretanto o problema poderá ser atenuado se os motores forem aperfeiçoados de modo a que tenham maior rendimento com menor desperdício de combustível e, conseqüentemente, menor emissão de poluentes.

O quadro 04 mostra a seriedade do problema ambiental em São Paulo, através da comparação entre os valores máximos de concentração de poluentes atingidos em 1981 e os índices admissíveis recomendados.

#### 4.2.1.1.1. Principais poluentes

Os principais poluentes emitidos pelos veículos automotores movidos a gasolina e diesel são:

- monóxido de carbono (CO)
- hidrocarbonetos de grupos diversos (HC)
- óxidos de nitrogênio (NOx)
- óxido de enxofre (SOx)
- aldeídos e o material particulado (MP), incluindo os compostos de chumbo.

Estes são denominados poluentes primários, provocando a poluição do ar em caráter local. Os níveis de concentração dos poluentes primários tendem a diminuir na medida em que o ponto de medição e a fonte poluidora se afastam entre si.

Determinadas condições climáticas e topográficas podem favorecer a ocorrência de reações fotoquímicas que envolvem alguns destes poluentes presentes no ar, originando

QUADRO 04  
 PADRÕES E CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES NA ATMOSFERA DA  
 REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO  
 - 1981' -

POLUENTES	INDICES ADMISSIVEIS RECOMENDADOS	CONDIÇÕES	VALORES MÁXIMOS ATINGIDOS
Monóxido de Carbono (CO)	9 ppm 35 ppm.	Média de 8 h* Máxima diária*	26 ppm ND
Material Particulado (MP) (poeira em suspensão)	80 µg/m <sup>3</sup> 240 µg/m <sup>3</sup> .....	Média geométrica anual Máxima diária*	140 µg/m <sup>3</sup> 540 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	80 µg/m <sup>3</sup> 365 µg/m <sup>3</sup>	Média anual Máxima diária*	150 µg/m <sup>3</sup> 30 µg/m
Óxido de Nitrogénio (NO <sub>x</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	Média anual	160 µg/m
Hidrocarbonetos (HC)	0,24 ppm	Média anual Média no período de 7 às 19h	3 ppm, 4 ppm
Ozona (O <sub>3</sub> )	82 ppb	Máxima horária*	220 ppb

FONTE: CETESE, a Participar, '30 dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica, 1984.

085J ppm partes per milhão em volume;

ppb = partes por bilhão em volume;

µg/m<sup>3</sup> micro gramas de poluentes por metro Cúbico de ar.

\*.Não deve ser excedido mais que uma vez por ano.

um processo de formação de novos compostos, igualmente poluidores. Estes produtos indiretos são denominados poluentes secundários e a sua permanência no ar se dá num período de tempo mais prolongado que a dos poluentes primários. São representativos destes produtos o ozônio e o PAN - peroxi-acetil-nitrato (EDWARDS, 1976).

Dados coletados na Bafa de S. Francisco, USA, indicam as diversas proporções para poluentes atmosféricos, oriundos dos meios de transporte (incluindo transporte aéreo) e de outras fontes (quadro 05).

A utilização do álcool como combustível a nível comercial, no Brasil, já é feita para mais de 90% da frota nacional, e seus impactos ambientais começam a ser estudados com maior profundidade.

QUEIROZ ( UFES ) desenvolveu pesquisas sobre o uso da gasolina comercial e etanol hidratado como combustível. Suas pesquisas permitem afirmar sobre as emissões de monóxido de carbono, óxido nítrico e aldeídos que:

- "um motor de combustão interna, com ignição por centelha, de 4 tempos, emite menos monóxido de carbono utilizando etanol hidratado como combustível;
- as emissões de óxido nítrico aumentaram ligeiramente em relação à gasolina com a utilização de etanol 93;
- a adição de água ao etanol de até 9,9% em massa causou um decréscimo acentuado nas emissões de NO, levando-as a níveis inferiores aos da gasolina comercial, mesmo sob taxas de compressão 17% mais elevadas, sem afetar o rendimento

## QUADRO 05

Porcentagem de emissão de poluentes, por fontes.  
Baía de São Francisco, Estados Unidos, 1975

Poluente	Fonte	
	transportes	demais fontes
Material particulado	33%	67%
Compostos orgânicos	47%	53%
óxidos de nitrogênio	59%	41%
Dióxido de enxofre	10%	90%
Monóxido de carbono	89%	11%

Fonte: San Francisco Bay Area Pollution Control District.



- as emissões de aldeídos aumentaram acentuadamente com a utilização de etanol hidratado, numa proporção média de 250%, com domínio do acetaldeído, enquanto o formaldeído apresenta um decréscimo em relação á gasolina."

Em 1980, a CETESB efetuou duas séries de testes com veículos a álcool e a gasolina (contendo 5% de álcool) para a verificação das emissões de poluentes, e os resultados mostraram o motor a álcool como mais poluente em relação aos aldeídos e ao dióxido de nitrogênio, e menos poluente em relação ao óxido de carbono e aos hidrocarbonetos.

De outros estudos já desenvolvidos sobre a poluição decorrente do uso do álcool como combustível (MASSAD, 1983 e SZWARC, 1985), conclui-se que ele é menos poluente que a gasolina em relação às emissões de enxofre, chumbo, hidrocarbonetos aromáticos e monóxido de carbono, enquanto que provoca a emissão de uma maior quantidade de aldeídos. Estes dados são provisórios, não se conhecendo a implicação das emissões dos veículos à álcool sobre desempenho de atividades, a saúde do homem, flora, fauna e propriedades.

A maior preocupação com os aspectos de poluição do ar, no que tange aos veículos automotores, tem recaído sobre os motores a diesel, que tem apresentado escapamento visível, pela presença da fumaça e do material proveniente do seu escape, quase nada existindo em termos de regulamentação de controle dos escapamentos ( não visíveis) dos carros movidos a gasolina.

No que diz respeito às emissões de fumaça e odor, estas são muito maiores nos motores diesel embora não existam estudos mais aprofundados sobre o assunto. Os

compostos químicos que existem na exaustão e que estariam relacionados à produção de odor são de difícil identificação.

Numa comparação, no que tange a emissão de poluentes atmosféricos entre veículos a diesel e a gasolina, realizado pelo CETESB (1974), chegou-se aos seguintes dados:

Comparação entre o consumo de mil litro (K) de gasolina e mil litros (K) e diesel.

	GASOLINA		DIESEL	
Aldeídos	0,5	K	1,2	K
Monóxido de Carbono	278	K	7	K
Hidrocarbonetos	24	K	16,5	K
óxidos de Nitrogênio	18,6	K	26,8	K
Enxofre	1	K	5	K
Ácidos Orgânicos				
(Acido Acético)	0,5	K	4	K
Materiais particulados	0,5	K	13	K

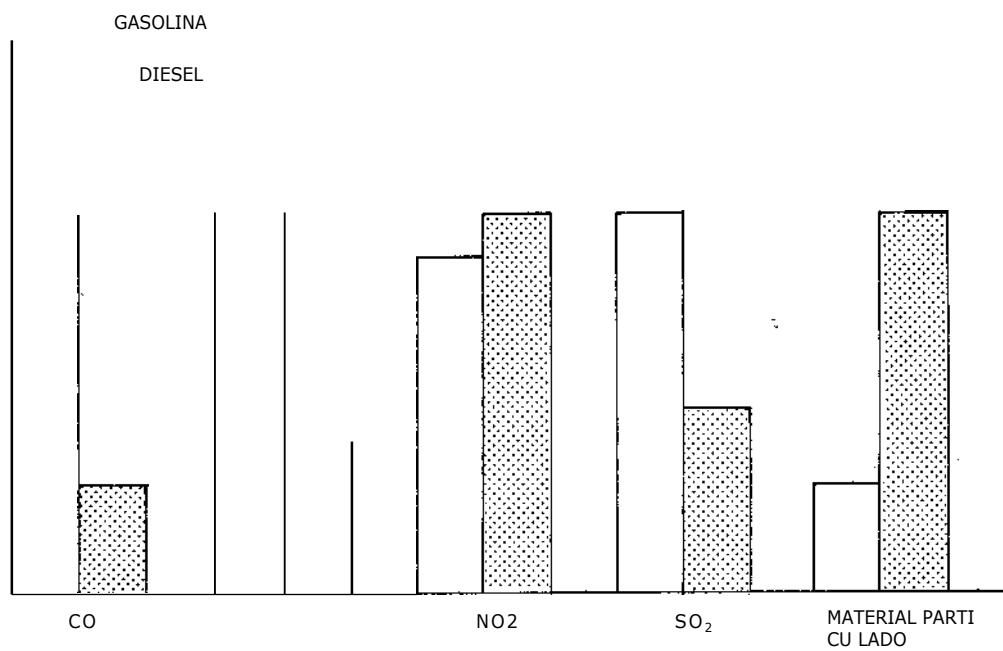
Analisando ambos, por volume de combustível, verifica-se que a gasolina é muito mais poluente do que o diesel. Estudos procedidos por PEGG e RAMSDEN (1966) confirmam esses dados (fig.02).

Estes dados, apesar de oferecerem um quadro da capacidade de poluição destes dois tipos de combustível, não podem ser utilizados como parâmetro absoluto em alternativas de projeto de transporte porque:

1. a capacidade de transporte é diferente para os dois modos;

2. a poluição vai depender das características do meio e dos próprios veículos, como idade ou condições de operação como velocidade, só para levantar alguns limitantes deste tipo de estudo.

FIGURA 02  
NÍVEIS RELATIVOS DE POLUENTES EMITIDOS POR VEÍCULOS A GASOLINA E DIESEL



FONTE - PEGG E RAMSDEN, (1966)

#### 4.2.1.1.2. Efeitos da poluição do ar sobre o meio ambiente

Os principais poluentes podem ocasionar efeitos sobre a saúde humana, o bem-estar da comunidade, a segurança do tráfego, a vegetação e o espaço construído.

Não é conveniente que se leve em conta tão somente o efeito isolado de uma substância sobre a saúde do homem, pois é provável que alguns poluentes, atuando conjuntamente, venham a produzir efeitos mais nocivos que o simples somatório de seus efeitos particulares isolados.

No que diz respeito a influência dos poluentes sobre o bem-estar da comunidade, pode-se afirmar que tanto os produtos primários (material particulado sob a forma de fumaça, substâncias odoríferas, alguns grupos de hidrocarbonetos), quanto os produtos secundários (ozônio, PAN e demais oxidantes fotoquímicos) afetam negativamente a qualidade de vida nas cidades sujeitas aos seus efeitos. Poluições que afetam não só a saúde como, também, a segurança.

A emissão de fumaça pelos motores a diesel, bem como a ocorrência do "smog" fotoquímico, devido a geração dos poluentes secundários no ar, contribui para a diminuição da visibilidade em estradas e vias públicas, trazendo, em consequência, uma diminuição de segurança no tráfego.

Os poluentes atmosféricos, quando em concentrações elevadas e quando expostos por determinados períodos de tempo, produzem efeitos negativos sobre a saúde do ser humano e sobre o meio ambiente em geral, tais como indicados no quadro 06.

Os poluentes do ar, precipitados pelas chuvas e por gravidade no solo e nas águas modificam suas estruturas químicas e se incorporam, posteriormente em organismos de plantas e animais. O contato com a chuva e com a poeira e o pólen

## QUADRO 06

## Principais poluentes do ar, suas fontes e seus efeitos

<b>POLUENTES</b>	<b>FONTES</b>	<b>- EFEITOS</b>
Monóxido de Carbono	— Veículos Automotores	— Em nível mais baixo: agrava o coração e reduz a habilidade de funcionamento do cérebro.
Hidrocarbonetos	-- Veículos Automotores — Processos Industriais	— Em concentrações muito altas: pode causar morte. — Maior componente do <i>smog</i> (oxidantes fotoquímicos) — Alguns hidrocarbonetos são suspeitos de causarem o câncer.
óxido de Nitrogênio	— Veículos Automotores — Processos Industriais	— Combina-se com os hidrocarbonetos para formar os oxidantes fotoquímicos ( <i>smog</i> ). — O dióxido de nitrogênio causa dificuldades respiratórias, diminuindo a resistência à pneumonia e à gripe.
Oxidantes Fotoquímicos ("SMOG")	— Formado quando os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio reagem em presença da luz solar	— Irritam severamente os olhos e pulmões — Extremamente nocivo às plantas — Deterioram a borracha, produtos sintéticos e tecidos
Óxidos de enxofre	— Queima de óleos combustíveis — Queima de carvão — Processos industriais	— Irrita o aparelho respiratório — Causa Irreversível dano aos pulmões, quando combinado com material particulado — Corrói o ferro, o aço e o mármore — É tóxico para as plantas
Material Particulado	— Veículos Automotores — Processos Industriais	— Suja, com fuligem, as roupas, os prédios e a paisagem urbana — Produz bruma e reduz a visibilidade — Carreia poluentes tóxicos para os pulmões

Fonte: Boston's Transportation Control Plan

do solo e da água, reduz o crescimento de florestas, reduz a reprodução de algumas espécies de peixes (SMITH, 1974).

No que diz respeito ao alcance dos efeitos dos poluentes do ar devido ao tráfego, pode-se dizer que estes não possuem apenas caráter local (WALSH, 1984), podendo ser classificados da seguinte forma:

- efeitos localizados: de poluentes que atuam em local próximo à sua emissão, e por um período de tempo curto, como, por exemplo, o monóxido de carbono;
- efeitos regionais: de poluentes que atuam sobre uma região mais extensa e por maior período de tempo, como, o ozônio fotoquímico e a chuva ácida;
- efeitos continentais: de poluentes que têm sua ocorrência prolongada e de grande alcance territorial, como material particulado fino óxido de enxofre e óxido de nitrogênio;
- efeitos globais: de poluentes como o dióxido de carbono.

#### 4.2.1.2. Tráfego urbano e poluição sonora

A poluição sonora devida ao tráfego afeta o meio ambiente urbano de forma preocupante, estando o tráfego incluído entre as principais fontes de ruído urbano (quadro 07).

Entretanto, embora todos concordem que o ruído é desagradável e incômodo, a sua definição passa por uma componente psicológica bastante forte: o que pode ser descrito como som agradável por uns, pode ser percebido como um ruído desagradável para outros.

QUADRO 07

Ruído	db	inten- sidade	pressão o .som	impressão subjetiva	exemplos
ensurde- cedor	120	10	12 20		avião, gru- po musica pop, buzina
muito forte	100	10	10	64	dentro mê- tro, via mo- vimentada, carro peque- no.
f o r t e	8 0	1 0	0 , 2	1 6	o f i c i n a r u - idosa, radio todo volume dentro car- ro pequeno
mode- rado	60	10	0,02		conversa t ro casa na cidade, ofi- cina silen- ciosa
tran- quilo	40	10	0,002		biblioteca, ruído de papel, murmurio
fraco	20	10	0,0002	0,25	igreja, noi- te no cam. p0
			0,00002		

Fonte: Ramon, F., 1976

A irritação provocada pela poluição sonora, depende também da duração do ruído, das variações no tempo, dos cruzamentos súbitos de intensidade sonora (explosão) e das informações contidas no ruído. Assim, há parâmetros que são próprios da pessoa que está submetida ao ruído, como o estado de espírito, sua forma física e sua atividade naquele momento (CRÉPEAU in VILLAS-BOAS, 1985).

A poluição sonora de um determinado ambiente pode ser caracterizada pela existência de uma fonte geradora de ruídos, de um meio propício à transmissão e de um receptor.

Para descrever o som, são utilizadas duas de suas características: altura e intensidade. A intensidade é originada pela pressão contra o ouvido ou outro instrumento de medição. Quanto maior a pressão, mais intenso é o som. A altura é determinada pela frequência das vibrações, ou seja, pelo número de vezes, durante um determinado período de tempo, que o objeto vibrante impulsiona o ar na direção do receptor. Quanto mais frequentes as vibrações, mais alto e mais agudo será o som (BAVIERA, 1978).

As fontes do ruído produzido por um veículo podem ser divididas em três grupos

O primeiro refere-se ao ruído do motor, cujo nível varia em função da velocidade de operação e que provém do próprio funcionamento do motor, da entrada de ar, do escape e do sistema de arrefecimento.

O segundo grupo inclui os ruídos gerados pela movimentação e dependem da velocidade do veículo (sistema de transmissão, pneus, vibração e ruídos aerodinâmicos). No terceiro grupo considera-se o ruído provocado pela buzina, pelas freadas, pelas portas ao serem fechadas e pelas cargas soltas dentro do veículo.



#### 4.2.1.2.1. Efeito do ruído sobre o desempenho de atividades

A medida que os níveis de ruído aumentam, os efeitos provocados sobre o homem vão da simples interferências nas atividades a perturbações fisiológicas.

Perturbações no sono foram comprovadas para ruídos da ordem de 40 a 90 dB, enquanto ruídos de 130 dB causam dor intensa com danos permanentes ao mecanismo auditivo.

Dos numerosos estudos realizados visando identificar a interferência do ruído no sono, o que se pode em resumo verificar é que; ( COPPE/PET,1980 )

- demora em adormecer;
- interrupções involuntárias do sono;
- modificações de padrões do sono.

Quanto ao ruído do tráfego, pode-se dizer que seus efeitos permanecem ao nível do incômodo, sensações de descontentamento, dificilmente podendo atingir a efeitos fisiológicos mais graves, uma vez que encontram-se entre 85 a 90 dB durante curtos períodos de tempo (EPA/USA, 1984).

Apesar de ser lugar comum o reconhecimento da interferência do ruído no desempenho de atividades, as várias hipóteses formuladas em diferentes pesquisas não puderam ser confirmadas.

Sabe-se que o efeito é considerável, mas depende da natureza, do tipo da atividade e das características de quem a esteja desenvolvendo.

Pesquisas recentes (COPPE/PET, 1980) demonstram que um ruído acima de 90 dB torna menos eficiente as atividades, dependendo de seu tipo:

- tarefas de vigilância; aritméticas
- monitoração contínua;
- levantamento permanente de dados;
- realização de operações mentalmente.

O efeito varia entre a queda na produção e o grande surgimento de erros. A variação nos efeitos pode também ser decorrente de diferenças nas características do som emitido. Os sons de alta frequência tem efeitos maiores do que os de baixa frequência.

No caso de existir uma tarefa central sendo desempenhada e uma outra tarefa periférica, não tão fundamental mas que ainda exige concentração, o barulho produz efeitos interessantes; com alto nível de ruído, as pessoas tendem a se concentrar na tarefa principal, ignorando a periférica. (AUBREE,1971 )

A alteração do comportamento e atitudes das pessoas é talvez a consequência principal do ruído gerado pelo tráfego, mais que os efeitos físicos sobre o sono ou o desempenho das atividades.

As pessoas evitam cada vez mais morar ou trabalhar em locais com níveis de ruído superiores a 70 ou 85 dB. Se a mudança for inviável, as pessoas serão obrigadas a conviver com o barulho, e tornar-se-ão irritadas (COPPE/PET, 1980).

A apreciação dos efeitos do ruído, nesses casos, só pode ser feita mediante a observação no campo ou por meio de pesquisas sociais e não por experiências de laboratório.

O sentimento experimentado pela população, com relação ao bairro onde habita, interfere também na tolerância ao ruído. Se ela estiver satisfeita com o ambiente em volta de sua residência, ela certamente será

menos perturbada pelo ruído do tráfego. Estudos mostram que a satisfação poderia diminuir a sensação de ruído, na avaliação das pessoas, em até 5 dB (AUBREE, 1971).

#### 4.2.2. Fatores topográficos e climáticos e as condições dispersão/concentração da poluição do ar e sonora

Teoricamente, somente a emissão de poluentes está sob o controle direto do homem; no caso dos transportes urbanos, controle sobre as condições de construção e operação dos veículos. No entanto, ressaltamos que as características topográficas e climáticas podem, se corretamente conhecidas e dominadas, favorecer a ocorrência de determinados fenômenos naturais que propiciam a dispersão ou concentração dos poluentes.

As características climatológicas e topográficas influem de modo determinante na dispersão ou concentração da poluição atmosférica.

O essencial na avaliação da poluição do ar é a determinação da concentração de poluentes em determinado local, muito mais do que a quantidade de poluentes emitida por uma fonte específica.

A atmosfera é o meio que transporta e dispersa os poluentes entre as fontes e as áreas receptoras. Assim, as condições atmosféricas desempenham papel importante na poluição do ar, podendo contribuir para diminuir ou aumentar a concentração de poluentes de determinada área.

Quanto a poluição do ar, podemos dizer que depende sobretudo de:

- a. Fontes de emissão de poluição ( item 4.2.1. )
- b. Características climáticas do ambiente contribuindo ou não para:

Entre os fatores meteorológicos, a circulação da massa de ar é o mais importante., uma vez que pode espalhar os agentes contaminadores lançados numa determinada zona e, até mesmo, transportá-lo para longe do seu ponto de emissão. São características dessa circulação os fluxos verticais, relacionados com a estabilidade da atmosfera, e os fluxos horizontais, ou os ventos.

A velocidade e a direção dos ventos estão relacionados com o transporte e dispersão horizontal dos poluentes, enquanto que a estabilidade atmosférica interessa ao movimento e dispersão no sentido vertical.

Quanto maior for a velocidade do vento, maior será o volume de ar fornecido para diluição dos poluentes.

As condições topográficas influem, também na velocidade e direção do fluxo de ar ( montanhas, vales ou edificações altas ).

A topografia, os regimes dos ventos e das chuvas são fatores locais capazes de interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera, agilizando, ou impedindo a sua diluição e absorção.

No caso do ruído, a variação no clima afeta mais o ruído proveniente de aviões do que o devido ao tráfego rodoviário, podendo inversões térmicas causar uma elevação de até 20 dBA no nível de ruído registrado em aeroportos (COPPE/PET, 1980).

O efeito do vento, bem como o decréscimo da temperatura causam leve aumento no nível de ruído rodoviário. As pistas molhadas pela chuva aumentam o ruído dos pneus. Em todo caso, estes fatores têm sido desprezados, por serem considerados irrelevantes, pelas pesquisas sobre o ruído rodoviário, como veremos adiante.

#### 4.2.3. Fatores de configuração espacial da via e entorno e as condições de dispersão/concentração da poluição do ar e sonora

A efetivação da poluição do ar e sonora devida ao tráfego urbano vai depender de cada local e estará em função não só da quantidade de Poluentes emitidos, da capacidade de auto depuração da atmosfera, ( item 4.2.1. e 4.2.2. ) mas também, da própria morfologia urbana e da distribuição das atividades no território regional (VILLAS BOAS,1985 ).

Numa revisão da literatura sobre a forma urbana como instrumento de controle para obtenção de conforto e salubridade do espaço urbano, foram identificadas as características do ,tecido urbano que influem na dispersão/concentração da poluição devida ao tráfego urbano ( OLIVEIRA,1985;VILLAS BOAS,1979;PEREIRA,.1982).

A partir da \_identificação de um conjunto de relações inerentes as \_caracsticas .4a forma urbana enunciadas por OLIVEIRA.,, (1985) encontra-se a de dispersão/concentração dos Poluentes.. Estas informações dão respaldo para a inclusão de nossa variável de configuração espacial da via e entorno - como relevante para a dispersão/concentração de poluentes devido ao tráfego urbano. -

As características da forma urbana ,apontadas por OLIVEIRA ( 1985 ) são:

- rugosidade e porosidade;
- densidade de construção; tamanho ( dimensão horizontal e vertical );
- ocupação do solo;
- Permeabilidade , -
- propriedade termofísica dos materiais

constituíntes.

A bibliografia sobre o assunto (item **6.1.**) mostra que as características de rugosidade, porosidade, tamanho ( dimensão horizontal e vertical ), ocupação do solo e orientação são as que mais influem para a dispersão/concentração da poluição do ar e sonora. Por sua vez estas características repercutem de forma diferente na dispersão/concentração, se o objeto de estudo é a poluição do ar ou sonora, conforme veremos no capítulo seis.

No que diz respeito a ocupação do solo, aqui estuda-se apenas o uso circulação por veículos automotores e desconsidera a emissão de outras fontes de poluentes atmosféricos e **sonoro. Por esta razão a 'Característica ocupação do solo não será incluída.**

#### 4.2.3.1. limites de tolerância quanto a, poluição do ar e sonora em função dos usos do solo urbano

O estabelecimento de limites de tolerância à poluição do ar e sonora em função dos usos é necessário como ponto de referência para o cálculo da CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA por possibilitar o estabelecimento de níveis de danos em função dos usos existentes na área

#### 4.2.3.1.1. Legislação sobre Padrões de Qualidade Ambiental

Em vários países foram estabelecidos padrões de qualidade ambiental para poluição do ar e sonora. Em alguns deles, estes padrões são fixados em lei e o seu controle é exercido pelas autoridades centrais; em outros, o controle é

exercido pelas administrações regionais e os padrões não tem força de lei (EPA,1984)..

No que se refere, a poluição do **ar**, **4** difícil fazer uma comparação rigorosa entre os padrões em vigor nos diversos países, porque diferem entre si quanto ao método de medição utilizado (quadro- 08).

No Brasil foram estabelecidos .pela" SEMA (Secretaria Especial do Meio Ambiente) padrões de qualidade do ar para concentrações de dióxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado e oxidantes fotoquímicos, segundo portaria do Ministro do Interior no 231 d.e 27/abril/76i (quadro 09).

A legislação existente Sobre o controle da poluição do ar tem como objetivo básico assegurar população uma qualidade de ar que, no mínimo, não represente riscos a sua saúde-.

Desta forma, em relação a poluição do ar, com base nestes dados cabe uma ponderação \_Para obtenção da

. -

CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL-DA VIA para diferentes usos; ao se atingir os níveis de poluição estabelecidos na legislação será considerada área, de risco para qualquer atividade urbana. ,

O primeiro estudo importante sobre ruído de tráfego foi elaborado pelo Wilson Comité, na Inglaterra, publicado em 1964. O chamado relatório Wilson tornou conhecidos os padrões máximos para níveis de ruído de veículos (considerados isoladamente), bem como os padrões recomendáveis para os interiores de residências e escolas, embora pouca coisa tenha sido implementada.

A partir de, então, na Inglaterra, surgiram recomendações legislações' com, relação ao próprio planejamento das vias,, bem como ó estabelecimento de níveis

QUADRO 08

PADRES DE QUALIDADE DO AR  
EXIGIDOS NO EXTERIOR

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE	UNIÃO DAS REPÚBLICAS SOCIALISTAS SOVIÉTICAS	CANADÁ	ESPANHA
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Média anual (aritmética) 80g/m <sup>3</sup> Valor máximo para 24h 365µg/m <sup>3</sup>	Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Valor médio p/30min 500g/m <sup>3</sup> Valor médio p/24h 5011g/m <sup>3</sup>	Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Média anual 30µg/m <sup>3</sup> Valor Médio p/24 h 180g/m <sup>3</sup> Valor médio p/1h 510ug/m <sup>3</sup>	Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Valor médio 2n 700g/m <sup>3</sup> Valor médio p/24h 400g/m <sup>3</sup>
Material Particulado (MP) Media anual geométrica 75µg/m <sup>3</sup> Valor mximo p/24h 260ug/m <sup>3</sup>	Material Particulado (MP) Valor médio p/30min 500µg/m <sup>3</sup> Valor médio p/24h 150ug/m <sup>3</sup>	Material Particulado (MP) Média anual 60ug/m <sup>3</sup>	Material Particulado - (MP) Valor médio p/24h 300µg/m <sup>3</sup>
Monóxido de carbono (CO) Valor máximo p/8h 10mg/m <sup>3</sup> (9ppm) Valor máximo p/1h 40mg/m <sup>3</sup> (35ppm)	Monóxido de carbono (CO) Valor médio p/30min 3mg/m <sup>3</sup> Valor médio 24h 1mg/m <sup>3</sup>	Monóxido de carbono (CO) Valor médio p/8h 6mg/m <sup>3</sup> Valor médio p/1h 16mg/m <sup>3</sup>	Monóxido de carbono (CO) Valor p/30min 45mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de nitrogénio (NO <sub>2</sub> ) Média anual (aritmética) 100µg/m <sup>3</sup>	Dióxido de nitrogénio (NO <sub>2</sub> ) Valor médio p/30min 15µg/m <sup>3</sup> Valor médio p/24h 851.1g/m <sup>3</sup>	-	Dióxido de nitrogénio (NO <sub>2</sub> ) Valor p/30min 400g/m <sup>3</sup>
Hidrocarbonetos (HC) Valor máximo p/3h; 1601µg/m <sup>3</sup>		-	-



## QUADRO 09

Padrões de qualidade do ar

SEMA MINTER, Portaria 231 de 27/04/76

	80 g/m
-----	-----
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ).	3 365
- média anual (aritmética)'	g/m <sup>3</sup>
- valor máximo para 24 horas	

Material particulado

	8 <sub>13</sub>
- média anual (geométrica)	g/m <sup>3</sup>
- valor máximo para 24 horas	240 g/m <sup>3</sup>

Monóxido de carbono (CO).

	3
- valor máximo para 8 horas	10x10 mg/m <sup>3</sup>

- valor máximo para uma hora	40x10 mg/m <sup>3</sup>
------------------------------	-------------------------

Oxidantes fotoquímicos

- valor máximo para-Alma hora	160 mg/m <sup>3</sup>
-------------------------------	-----------------------

-----

Obs. Os valores ~imos não podem ser excedidos mais do que uma vez por ano.

Em função das necessidades e concentração e repouso, existem padrões determinados de limite de ruído para residências e outros ambientes. Estes padrões levam em consideração o tipo de **atividade**, o ruído ambiental, ou ruído **de fundo** variável e são diferenciados para períodos diurnos e **noturnos**.

Segundo o Wilson Report, os limites máximos excedidos em mais de 10% do tempo para residências seriam os mostrados no quadro 10. Para edificações não residenciais este limite não deveria ultrapassar 55 dBA, sob risco de ser inviável qualquer conversa (quadro 11).

Em 1972, a Federal Highway Administration dos EUA definiu alguns padrões para nível de ruído de acordo com diferentes usos do solo. Para estarem aptos a receber ajuda federal, todos os projetos viários deveriam incluir medidas visando à limitação do ruído, respeitando os seguintes limites:

- 60 dBA para parques e outros espaços abertos onde o **silêncio é importante**;
- 70 dBA para áreas residenciais ou áreas externas de hotéis, motéis, escolas, igrejas, bibliotecas, hospitais, áreas de lazer ou de recreação, prática de esporte;
- 55 dBA para o interior das edificações mencionadas, acima;
- 75 dBA para áreas edificadas, *não* incluídas nas categorias acima.

No Brasil, apesar de possivelmente existirem condições piores de emissão **de ruído**, há poucos estudos e normas definindo padrões para níveis máximos de ruído, com base nos limites do mínimo conforto aos ocupantes dos locais

## QUADRO 10

Níveis máximos de ruído em algumas edificações

Local	Níveis máximos (dba)
Salas grandes, auditórios	30
Salas de aula	45
Escritórios particulares	45 a 50
Escritórios públicos	55 a 60

Fonte : Noise - Final Report - HMSO

## QUADRO 11

Níveis máximos e ruído em residências - Wilson Report

Residências localizadas em:	níveis máximos (dba)	
	dia	noite
Áreas suburbanas. distantes das vias principais	45	35
Áreas urbanas de grande circulação	50	35

Fonte : Noise - Final Report - HMSO

## QUADRO 12

Limites de ruído em locais de trabalho, em função do período de exposição diária Estado da Pennsylvania (USA) e Brasil.

Nível de ruído (dba)	Máxima: exposição Pennsylvania (1)	Diária permissível Brasil (2)
85		8 horas
86		7 horas
87		6 horas
88		5 horas
89		4 horas 30 min,
90	2 horas	4 horas
91		3 horas 30 min.
92	6 horas	3 horas
93		2 horas 40 min.
94		2 horas 15 min.
95	4.-horas	2 horas
96		1 hora 45 min
97	<b>3 horas</b>	
98		1 hora 15 min.
100	2 horas	1 hora
102	1 hora 30 min.	45 minutos
104		35 minutos
105	1 hora	30 minutos
106		25 minutos
1.07	45 minutos	
108		20 minutos
110	30 minutos	15 minutos
112		10 minutos
114		8 minutos 7
115	15 minutos	minutos

Fontes: (1) Legislação de controle ambiental do Estado da Pennsylvania (USA)

(2) Portaria no 3.214 de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho (Brasil)

## QUADRO 13

Níveis de ruídos recomendados para ambientes externos, em função do uso do solo - Suíça

Uso do solo	médio recomendado (dba)	
	noite	dia
Casa de repouso (saúde),	35	45
Residencial, calmo	45	55
Misto	55	60
Comercial	50	60
Industrial	55	65
Vias de .tráfego	60	70

Fonte :Gatlry, W.S. & Frye, E.

determinados.

A Associação Brasileira de 'Normas Técnicas - ABNT - elaborou a norma NB - 95 (1966) que fixa os níveis de ruído aceitáveis para diferentes tipos de locais. Os valores são determinados para os ambientes internos (quadro 14).

No caso de poluição sonora existe claramente definidos níveis aceitáveis por atividade. Estes dados devem ser considerados como ponderadores no calculo da CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA, após, estabelecidas as relações entre os fatores, de emissão e de concentração/**dispersão** de poluentes. Isto é, se após o conhecimento **das** interferências de- todos os fatores a área oferece riscos para o desenvolvimento de qual tipo de atividade urbana.

O conhecimento destes níveis de risco por atividade relacionados com os fatores podem ser' incorporados tanto no Planejamento de Transportes Urbanos ( através do controle **dos** fatores operacionais - fatores de emissão ); no Desenho Urbano ( através dos fatores de configuração espacial da via e entorno, com base nos dados topográficos e climáticos ) como no Planejamento Urbano pelo

## QUADRO 14

Níveis de ruído aceitáveis para ambientes internos de acordo com a NB-95, da ABNT

Ambiente	Nível de ruído aceitável
Bancos	60 db (B)
Escritórios	
Datilografia, escrituração etc.	60 db (B)
Diretoria, projetos, cálculos etc.	57 db (B)
Salas de reuniões	57 db (B)
Saguão, sala de espera	60 db (B)
Mercados	75 db (B)
Restaurantes e confeitarias	
Refeitórios	60 db (B)
Copas e cozinhas	65 db (B)
Lojas	60 db (B)
Auditórios e anfiteatros	
Sala de treinamento	40 db (A)
Sala de espera	60 db (B)
Gabinetes dentários	
Sala de espera	60 db (B)
Sala de tratamento	40 db (A)
Hospitais e consultórios	
Enfermaria e quartos	40 db (A)
Recepção, sala de espera	60 db (B)
Sala de operações	35 db (A)
Lavanderia	65 db (B)
Hotéis	
Sala de <b>estar</b>	47 db (A)
Sala de leitura	42 db (A)
Restaurante	60 db (B)
Copa, cozinha	65 db (B)
Dormitório	40 db (A)

Igrejas e templos, (não em funcionamento)	42 db (A)
Bibliotecas	42 db (A)
Cinemas	
Sala de projeção, (não em funcionamento)	45 db (A)
Sala de espera	60 db (B)
Teatros	
Sala de espetáculos (não em funcionamento)	38 db (A)
Sala de, espera	60 db (B)
Ginásios de esportes	75 db (B)
Museus	42 db (A)
Escolas, (não em funcionamento)	42 db (A)
Tribunais (não em funcionamento)	42 db (A)
Salas de música (não em funcionamento)	38 db (A)
Studios de gravação (não em funcionamento)	24 db (A)
Studios de radio e TV (não em funcionamento)	28 db (A)
Fábricas	75 db (B)
Residências	40 db (A)

---

Obs. db(A) - nível de pressão sonora medido na curva A do sonômetro

db(B) - nível de pressão sonora, medido na curva B do sonômetro



## CAPITULO 5

### METODOLOGIAS DE PREVISÃO DA POLUIÇÃO DEVIDA AO TRAFEGO URBANO

Neste capítulo nos deteremos na análise dos métodos empíricos que vem sendo utilizados para o controle da poluição do ar e sonora devida ao tráfego urbano, na busca de subsídios para a inserção de dois fatores definidos anteriormente ( capítulo quarto ) na metodologia de Planejamento de Transportes Urbanos, como definidores das condições de emissão, dispersão e concentração da poluição, do ar e sonora.

#### 5.1. MÉTODOS DE PREVISÃO DE EMISSÕES E CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DEVIDOS AO TRAFEG URBANO

Os modelos de dispersão usados para a previsão de concentrações de poluentes do ar baseia-se no processo de análise das emissões e do sistema de transportes.

Segundo a Environmental Protection Agency (USA, 1984), um modelo de dispersão pode ser descrito como uma formulação matemática que:

- utiliza dados de variáveis de transportes, emissões, condições meteorológicas, limites geográficos
- computa a dispersão de, na atmosfera;
- fornece a concentração de poluentes na área de interesse para períodos de tempo especificados,

Portanto, o modelo de dispersão é um mecanismo usado para transformar-se os dados de emissões em dados de qualidade do ar não visando necessariamente o processo de

Planejamento de Transportes Urbanos.

Os dados de entrada dos modelos de dispersão variam em função da abrangência do modelo, da configuração física da área em estudo e das concentrações a serem previstas (métodos da EPA/USA e TRRL/Uk), mas de uma forma geral eles incluem:

- Distância percorrida por veículos e sua velocidade;
- Fatores de emissão que considerem a composição do tráfego e a idade da frota,
- As piores condições meteorológicas:
  - . velocidade do vento
  - . direção do vento
  - . estabilidade atmosférica
- Tipo de traçado da via
  - . em nível
  - . via elevada
  - . via em aterro
- Sistema-coordenado da rede que cubra toda a área de estudo, a fim de localização dos pontos mais sensíveis de fontes de recepção de poluentes;
- Pontos de recepção onde se espera a presença de pessoas durante o período em consideração que estariam expostas a ação dos poluentes.

Dois dos órgãos que Alais pesquisado, sistematizado e aplicado modelos de previsão de emissões são, a Environmental Protection Agency - EPA dos USA e o Transport and Road Research Laboratory - TRRL - da Inglaterra. As informações a seguir são baseadas em seus

#### 5.1.1. Método da EPA (Environmental Protection Agency)

O método associa dados e transporte aos fatores

de emissão de poluentes atmosféricos (BELLOMO e LIFF)

Os fatores de poluentes de fontes móveis foram determinados pela EPA, através do seu programa de testes de motores de veículos, o qual determina também valores de consumo de combustível. Os poluentes estudados são os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NOx) e o monóxido de carbono (CO).

É importante fazer-se distinção entre dois conceitos usados nesta previsão: "quantidade de emissões", **que** , **o a quantidade em** que os poluentes são emitidos por um determinado veículo, e "fator de emissão", **que** é uma média estatística de quantidades de emissões que são utilizadas para caracterizar o efeito agregado de muitas emissões de veículos rodoviários.

A EPA determinou fatores de emissão em função de dados de:

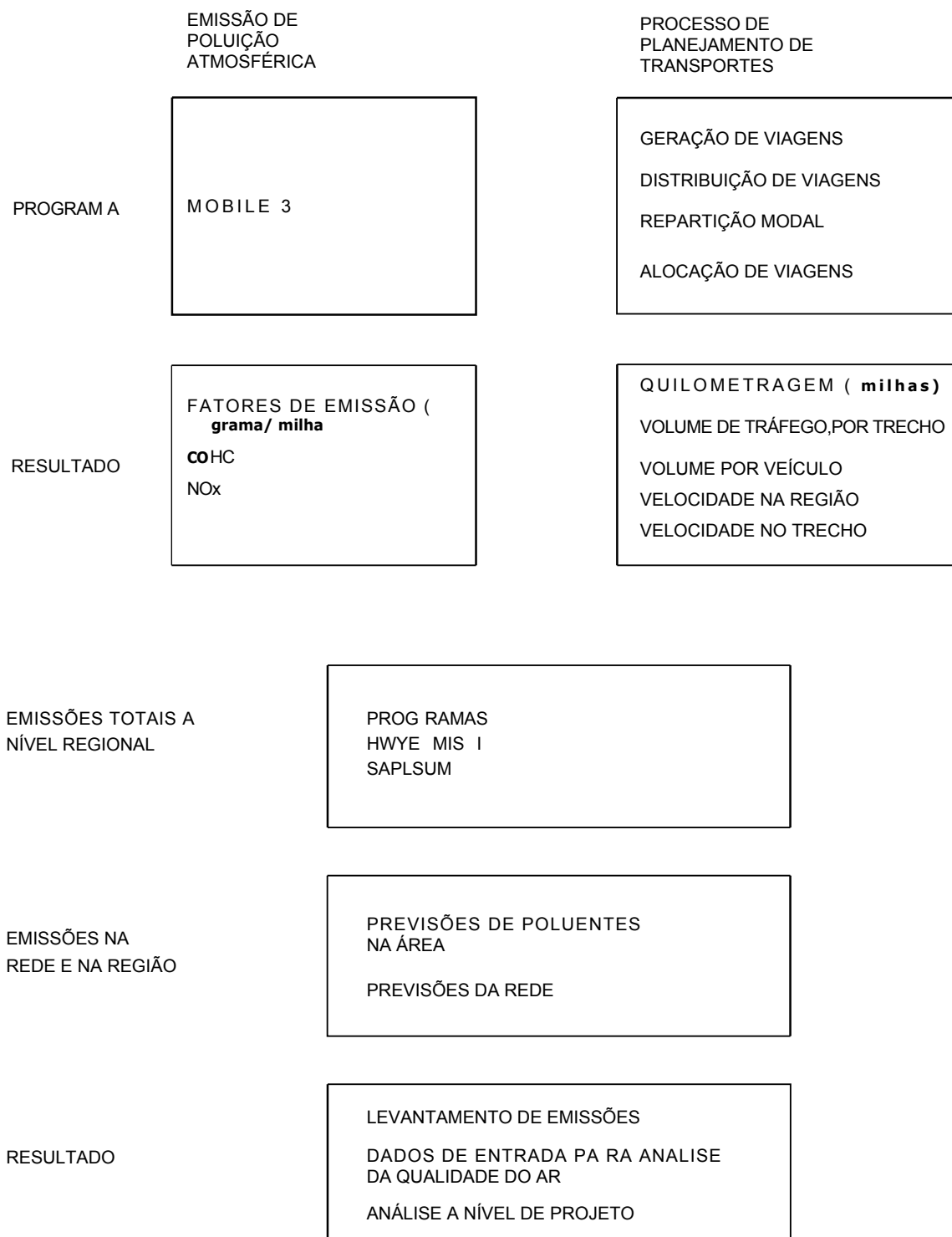
- altitude;
- temperatura ambiente;
- . idade da frota, ; ,
- . diferentes tipos veículos (automóvel, caminhão, motocicletas e ônibus).

-7-

A utilização destes fatores 'de emissão é feita através de um programa de computador MOBILE.3. Este programa calcula fatores de emissão para, hidrocarbonetos (HC), monóxidosde carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx) em função dos seguintes dados:

- tipo de veículo;
- região geográfica;
- temperatura ambiente;
- velocidade operacional;

FIGURA 03  
 MODELO DA EPA



FONTE - BELLOMO et alli (1984)

- percurso em milhas;
- composição do tráfego.

**Através** de outros programas de- computação como o HWYEMIS 1 ou o SAPLSUM, os volumes de tráfego de cada trecho considerado são multiplicados pelos fatores de-emissão para calcular as emissões totais.

#### 5.1.2. Método do TRRL (Transport and Road Research Laboratory / UM )

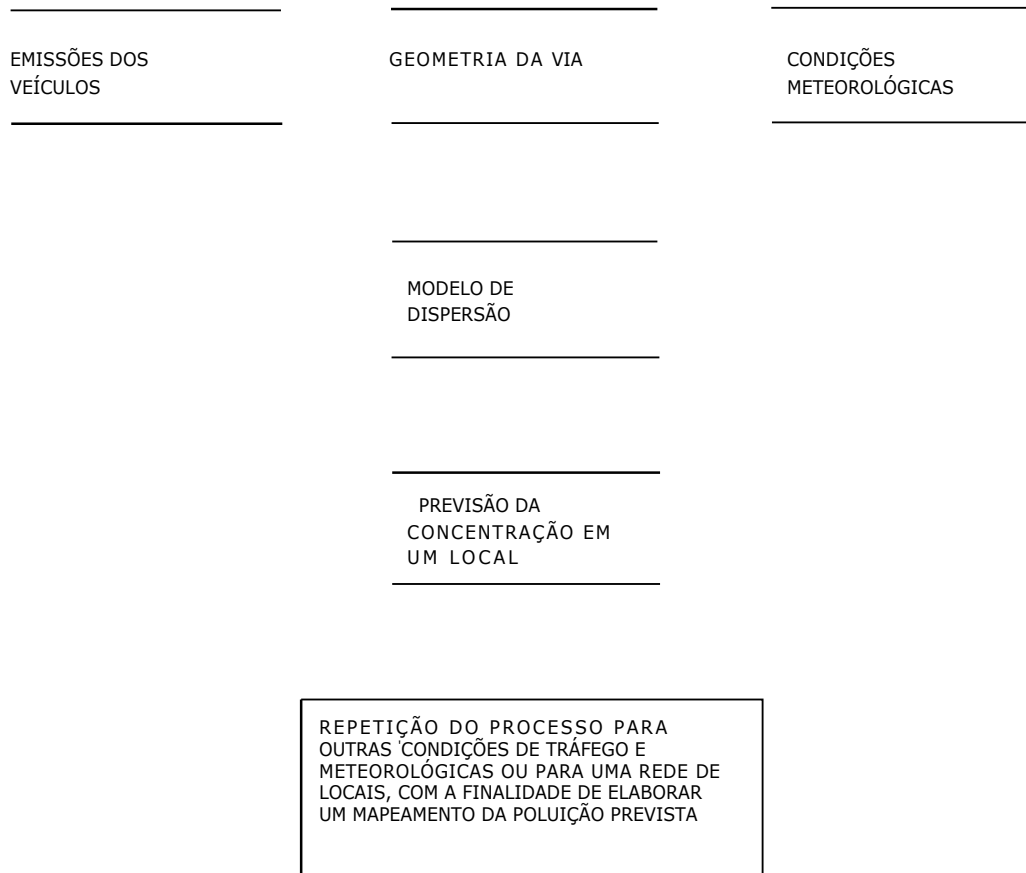
O método do **TRIKt**, para estimativas de concentrações de poluentes originários do tráfego rodoviário usa a teoria das dispersões de gases, com algumas alterações empíricas (HICKMAN, 1982). Os dados de entrada que o modelo requer são os de fluxo de tráfego, da geometria da via e dados meteorológicos (fig.04).

As, concentrações de poluentes podem ser calculadas para os seguintes casos e conforme o esquema do modelo abaixo:

- previsão para um único receptor sob diferentes condições atmosféricas .
- previsão para um único receptor, para diferentes fluxos de tráfego
- previsão para um **único** receptor, para diferentes fluxos de tráfego\_ e condições **atmosféricas- P** revisões. para uma rede de receptores, para um conjunto de condições meteorológicas e fluxos de tráfego.

Os níveis de emissão são calculados em função do volume de tráfego, de sua composição e da velocidade dos veículos.

FIGURA 04  
ESQUEMA DO MODELO TRRL



FONTE - HICKMAN, A. J. (1982)

O modelo foi desenvolvido apenas para concentrações de monóxido de carbono, por ser possível medir suas concentrações na atmosfera continuamente e, assim, ter dados para testar o modelo, para curtos intervalos de tempo, quanto a variações nos fluxos de tráfego e nas condições meteorológicas existentes.

Para se ter uma melhor caracterização da influência da velocidade do vento na concentração de poluentes e, portanto, considerando-se o movimento de turbulência do ar causado. Pelo tráfego, foi desenvolvida empiricamente uma função que expressa a velocidade efetiva, do vento em termos da velocidade medida do vento.

A forma como os poluentes se espalham no ar é, - levada em conta nesse modelo. através dos desvios - padrões da distribuição das concentrações de poluentes, que, por sua vez, estão relacionados às distâncias até a fonte de emissões, nos sentidos a favor e contrário ao vento e transversalmente em relação a posição da fonte.

## 5.2. MÉTODOS DE PREVISÃO DO RUÍDO DEVIDO AO TRÁFEGO URBANO

Os métodos de previsão de níveis de ruído são realizados em função do tráfego e de outras variáveis relacionadas com o local e o sistema viário.

As pesquisas existentes sobre o ruído devido ao tráfego dividem-se, basicamente, em três linhas (COPPE/PET, 1980):

1. Modelos empíricos que partem de um grande número de medições no campo: níveis de ruído; características do tráfego; características da via e do local de medição.

2. Uso de modelos em escala (de aplicação

Considerável na engenharia de construção).

3. Modelos tédricoá, que não exigem avaliações de campo.

Os modelos empíricos são os que tem apresentado maior desenvolvimento **como** pode-se verificar pelo numero de trabalhos Produzidos Pelo Department of the Environment da Inglaterra, pela Federal Righway Administration dos USA, pelo Imperial College da Inglaterra e pelo IPT de ,São Paulo. -

Os **dois** primeiros **consideram** o tráfego em condição de fluxo livre, e **os** **láltimos**, a previsão de ruído de tráfego em vias urbanas, fluxo interrompido.

5.2.1. O método do Department of the Environment - UR, para fluxo livre.

Os passos para **previsão** de ruído de tráfego segundo este método, **estão** resumidos **no** quadro abaixo e referem-se a via de mão única com fluxo livre (fig:05).

Apesar **de não** ser o caso do fluxo do transporte urbano, **será** aPresentado por tecer consideração sobre a influência **de** diferentes variáveis que influenciam a propagação do ruído do tráfego.

Descrição do método:

O primeiro passo é estimar o **nível** básico de ruído, isto é, o valor básico L 10 para 18 horas de fluxo de veículos ou o valor de L 10 para fluxo horário.

Em ambos os casos, a velocidade média do fluxo de veículos é de  $75 \text{ km/h}$ , os veículos pesados são desconsiderados, e a via se apresenta em nível. Para vias de duas pistas, cada uma com fluxo em um sentido, distantes



NÍVEL BÁSICO DO RUÍDO (SELECIONAR $L_{eq}$ OU $L_{10}$ (18h))			
APLICAR TODAS AS CORREÇÕES		FLUXO VELOCIDADE DE VEÍCULOS PESADOS GRADIENTE PAVIMENTO	
CORREÇÃO DE DISTÂNCIA (SELECIONAR O TIPO DE TERRENO 1			
TERRENO REFLETOR		SOLO GRAMADO E OUTROS TIPOS DE TERRENO ABSORVENTES DE SOM	
SIM		TOTALMENTE <del>PARCIALMENTE</del> NÃO	
CORREÇÃO PARA PROTEÇÃO			
CORREÇÃO PARA BARREIRAS LONGAS			
CORREÇÃO PARA ÂNGULO DE VISÃO RESTRITO (SELECIONAR A SITUAÇÃO APROPRIADA)			
PROTEÇÃO PARCIAL	UM OU MAIS SEGMENTOS	LADO DA RUA	CASAS PARALELAS A RUA
CORREÇÃO PARA EFEITOS DE REFLEXÃO (SELECIONAR UMA DAS LINHAS I			
PONTO DE RECEPÇÃO	LOCAL ABERTO	FACHADAS	
OUTROS EFEITOS	LOCAL ABERTO	REFLEXÃO DA FACHADA OPOSTA	CORTE
NÍVEL DE RUÍDO PREVISTO			

entre si mais de 5 metros ou apresentando um desnível entre si de mais de um metro; a análise para cada sentido de tráfego deve ser feita separadamente.

Após a determinação do L 10 básico, uma correção deve ser feita para fluxos com velocidade diferente de 75 Km/h e Para Percentagens de veículos pesados diferentes de zero.

Outra correção a ser feita se refere ao gradiente da via. Quanto aos sentidos de tráfego, estes, são considerados separadamente'.

A atenuação adicional devida à absorção de ruído pela grama (soft ground) é ignorada ao se calcular o efeito das barreiras, isto quando estas tem altura suficiente que provoque a obstrução do efeito da primeira.

No entanto, quando as barreiras construídas sobre uma superfície gramada são baixas, deve-se calcular o nível de ruído para duas situações, adotando-se o nível de menor valor.

#### 5.2.2. Método da FHWA (Federal Highway Administration/ USA)

Desde 1978, o modelo de previsão do ruído do tráfego rodoviário aplicado nos USA é o da FHWA. A descrição que se segue é um resumo do documento FHWA - RD - 77 - 108 intitulado FHWA HIGHWAY TRAFFICE NOISE PREDICTION MODEL (BARRY, 1978).

Descrição do método:

O modelo FHWA. tem. como finalidade chegar a previsão do nível de ruído através de uma série de ajustes de um nível de referência, o nível . médio de energia de emissões médias\_.- Leg\_

determinação do **nível** de referência médio de energia de emissões médias para cada classe de veículos que usa a rodovia. Para tanto, é necessário um **conhecimento dos níveis** de emissões dos veículos' que usam a rodovia, de forma individualizada.

Os veículos não tem níveis idênticos de emissão de ruído. Esses níveis dependem de vários fatores, **tais** COMO:

- o tipo de veículo;
- 0, tamanho do motor;
- a velocidade.

Dada a dificuldade de se determinar os **níveis** de emissão para todos os veículos **em** cada classe, torna-se necessária a medição de **níveis** de emissão de um grande número de tipos diferentes de veículos, a velocidades diferentes, para que se determine estatisticamente os níveis de referência de energia média. Isto é feito por programa computacional, fazendo-se aplicação de curvas-padrão técnicas estatísticas.

Diversos ajustes são necessários ao modelo **visando adequá-lo às** condições reais de tráfego, levando em **conta** as variáveis **que maior significado** possuem na alteração do nível de ruído médio.

Os ajustes **são** feitos para consideração dos fluxos de tráfego, das diferentes distâncias até a rodovia, e das barreiras.

Quando houver **absorção** da energia sonora no campo de propagação do ruído, entre a rodovia e o observador, este campo será considerado:

- refletor ( $t = 0$ ), conseqüentemente haverá redução de 3 dB se a distância dobrar;
- absorvente ( $t = 1/2$ ), redução de 4,5 dB se a distância dobrar.

As atenuações devido a gradientes de temperatura, ventos e absorção atmosférica são ignorados pelo método da FHWA. As razões apresentadas são:

- As condições atmosféricas apresentam grandes variações de uma hora para outra e de um local para outro, e conseqüentemente, as atenuações **não** são permanentes,
- A absorção atmosférica não é importante para o caso do ruído rodoviário, devido à longa distância de propagação do som necessária para que este mecanismo se torne significativo.;
- Os efeitos atmosféricos podem ser muito importantes para a medição de níveis de ruído, mas não o são na sua previsão.

Determinado o nível de referência de energia de emissões médias, e efetuados os ajustes devidos ao fluxo de tráfego, às distâncias até a rodovia, e às barreiras, tem-se o nível equivalente de ruído horário para cada classe de veículos, com o que se calcula o nível total equivalente de ruído horário, através do modelo de previsão da FHWA/USA.

### 5.2.3. Previsão do ruído no tráfego ( áreas urbanas GILBERT, 1971)

Este método aborda de maneira completa as diferentes tipos de emissão e de propagação do ruído emitido pela circulação urbana. Tem por finalidade a estimativa e a previsão dos níveis sonoros nas proximidades de todos os tipos de fontes rodoviárias, em todas as configurações de locais onde o ruído se propague (COPPE/PET, 1980).

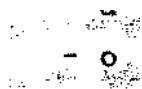
A maioria dos métodos de avaliação e de previsão dos níveis sonoros operam em duas etapas:

1. Estimativa dos níveis sonoros na emissão, produzidos por um dado tráfego, a uma certa distância da fonte;

2. Estimativa na atenuação desses níveis sonoros devida à propagação no meio, até chegarem ao receptor.

Entre os elementos que influem na emissão sonora dos veículos isolados, quatro são fundamentais para a previsão;

- tipo de veículo<sup>></sup> (leves e pesados);



Para efeito do método, são consideradas as seguintes condições de escoamento:

- fluido contínua
- pulsativo ,  
indiferenciado;  
acelerado;
- desacelerado;\_

O modelo é fruto de pesquisas em diversas vias urbanas em Edimburgo, Londres, -e outras localidades. Diversas características do tráfego e dos locais foram registradas, inclusive velocidades e tipos de veículos.

Entre as diversas variáveis deve ser comentada especialmente a velocidade que resultou significativa para volumes de tráfego de 1.000 ou menos vph.

Por isso as **análises finais foram** efetuadas nos pontos cujos volumes de tráfego eram de 1.000 vph ou menos.

.As rampas em quase todos os pontos eram inferiores a lt.

As características do **tráfego**, do uso-do-solo, geométricas -ou físicas da via foram registradas em cada local. escoamento tráfego;

AO final a análise restringiu-se tipo, de

mais significativas. A única omissão mais grave foi a de uma variável que representasse a "aspereza do fluxo de tráfego" (isto é, a quantidade de aceleração e desaceleração ocorridas no fluxo de tráfego).

Os elementos de análise utilizados no método são:

- volume de tráfego;
- percentagem de veículos que excedem 1,525 Ton.;
- índice de dispersão;
- velocidade média do fluxo;
- largura da pista;
- número de interseções;
- número de faixas de tráfego;
- distância até a interseção principal.

#### 5.2.4. Modelos do IPT

No Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo tem sido desenvolvidos dois modelos empíricos para previsão de ruído de tráfego urbano (quadro 15). Estes modelos permitem estimar os índices  $L_{10}$  e  $L_{eq}$  para um observador localizado junto à calçada. Em vias de uso local, coletoras e arteriais, em função das seguintes variáveis:

- fluxo de tráfego;
- Porcentagem de Veículos pesados,;
- distância do observador a linha central da via.

A continuidade dos estudos deverá levar a um método de previsão de ruído mais abrangente, que inclua um tratamento mais detalhado de atenuação do ruído devido à distância, à existência de barreiras anti-ruído e ao efeito de absorção do ruído pelo solo (COPPE/PET, 1980).

Após esta análise das pesquisas desenvolvidas no

QUADRO 15

RESUMO DO DIAGNOSTICO SOBRE RUI'DO URBANO NA CIDADE DE SÃO PAULO 1978

TIPO DE VIA		USO LOCAL	USO LOCAL PROXIMA AEROPORTO	COLETORA	ARTERIAL	EXPRESSA
NAS HORAS DO PICO	$L_{10}$ (dBA)	63	69	77	81	81
	$L_{90}$ (dBA)	52	52	62	70	73
	$L_{eq}$ (dBA)	62	70	73	78	79
	TNI	68	91	90	80	75
FORA HORAS DO PICO	$L_{10}$ (cIBAI)	66	72	76	81	81
	$L_{90}$ (dBA)	52	53	62	69	73
	$L_{sq}$ (dBA)	61	70	73	78	79
	TNI	76	94	90	87	75

FONTE - DEL CARLO, U. (1979)

campo da emissão e dispersão da poluição do ar e sonora devida à operação do sistema de transportes urbanos (veículos automotores), verifica-se que existe uma característica comum de auto-especialização do objeto de estudo, ou seja, estuda-se os impactos específicos de um poluente sem estabelecer suas relações com outros poluentes e com os usos do meio ambiente urbano.

Talvez por esta particularidade, à revelia dos muitos estudos produzidos, ainda hoje é difícil distinguir quais são os principais passos da análise ambiental de programas de transportes e suas implicações sobre os usos urbanos.

Os subsídios retirados desta análise estão resumidos no quadro 16 e dizem respeito as três categorias de variáveis definidas anteriormente nesta dissertação.

Vale ressaltar que os métodos analisados não se referenciam as características da forma urbana como relevantes para o estudo da poluição do ar e sonora devida ao tráfego urbano.

Para o estabelecimento dos elementos de análise de cada uma das variáveis definidoras da capacidade de suporte ambiental da via, é necessária a organização dos diversos aspectos levantados por estes métodos procurando suprir lacunas encontradas, a fim de que um mais completo elenco de aspectos seja abordado, alcançando os diferentes casos específicos que caracterizam cada uma das variáveis e, em última instância a realidade das vias urbanas.



QUADRO 16

<b>FATORES</b>					
		<b>CONFIGURAÇÃO DA VIA E ENTORNO</b>	<b>CONDIÇÕES OPERACIONAIS</b>	<b>CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS E CLIMÁTICAS</b>	
(	o o o o 2 = -1 o a.	a LL, 0 2 1- Lu	1- TRAÇADO DA VIA	1-VELOCIDADE DO TRÁFEGO 2-COMPOSIÇÃO DO TRAFEGO 3-IDADE DA FROTA 4-VOLUME DE TRÁFEGO	1- VELOCIDADE DO VENTO 2-DIREÇÃO DO VENTO 3-ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA 4-TEMPERATURA 5-ALTITUDE
		cr ce 1- o Li,	1-TRAÇADO DA VIA	1-FLUXO DE TRÁFEGO 2-VOLUME DE TRÁFEGO 3-COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO 4-VELOCIDADE DO TRÁFEGO	1-VELOCIDADE DO VENTO 2-DADOS METEOROLOGICOS
< r o z o v, o g 5 o a.	o o o 1- LL, x LL. o o o 1- LL	D o o 1- LL,	1-PAVIMENTO 2-BARREIRAS 3-LARGURA DA VIA 4-NIVEL DA VIA	1-FLUXO DO TRÁFEGO 2-VELOCIDADE DO TRÁFEGO 3-TIPO DE VEÍCULO	
		o o o 1- LL	1-BARREIRAS 2-LARGURA DA VIA	1- VELOCIDADE DO TRÁFEGO 2-TIPO DE VEICULO 3-TIPO DE PNEUS 4-FLUXO DO TRÁFEGO	
		o o o 1- LL g:7	1- RAMPA 2-TRAÇADO DA VIA 3-NUMERO DE INTERSEÇÕES	1-TIPO DO VEICULO 2-VELOCIDADE DO TRÁFEGO 3-TIPO DE ESCOAMENTO	

OBS. - A DIVISÃO NOS GRUPOS DE FATORES É PROPOSTA NOSSA

## CAPITULO 6

## PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE AMBIENTAL NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES URBANOS'

O objetivo deste capítulo é sistematizar as informações referentes ao fatores operacionais, topográficos, climáticos e de configuração espacial da via e entorno, através da definição de seus elementos de análise, visando a inclusão da preocupação ambiental no Planejamento de Transportes Urbanos especificamente estudando a poluição do ar e sonora devida aos veículos automotores e levando em conta as características de uso-do-solo.

Cabe aqui lembrar que mesmo na modalidade veículos automotores é possível se chegar a diferentes elementos relevantes para o estudo **poluição** do ar e sonora; veículos brasileiros Possuem condições de emissão diferentes dos americanos, por exemplo. Assim um avanço tecnológico pode Permitir **que os** fatores, de emissão sejam reduzidos, aumentando, portanto, a **capacidade** de suporte da via e as influências das **condições** climáticas e topográficas e de configuração da via e entorno.

Esta sistematização visa definir relações que orientem a escolha de alternativas de projeto de transportes urbanos, conforme os requerimentos ambientais da rede viária em estudo, isto é, das características operacionais do tráfego com as diferentes capacidades de dispersão e concentração relativas aos aspectos topográficos e climatológicos e de configuração espacial da via e seu entorno, visando a salubridade das atividades urbanas (usos do solo).

Entretanto, para cálculo da CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA é necessária uma melhor definição

de parâmetros para cada elemento de análise e sua forma de cruzamento para estabelecimento do risco de dano em função do uso.

Umacaracterfsticadesta.proposta reside em aceitar o fato de que, na maioria das vezes, o impacto da circulação pode ser razoavelmente analisado por considerações qualitativas a respeito da dinâmica das interrelações entre os fatores apontados. (A)

Relativamente a atividade de transportes urbanos, a sua análise sob o aspecto ambiental pode ser elaborada de duas formas.

Na primeira forma, a análise versaria basicamente sobre os tipos de emissões geradas e suas concentrações, sem se referenciar obrigatoriamente a um dado contexto urbano.

Quanto a segunda forma, sobre a qual trabalhamos, a análise se aproxima mais da realidade na medida em que em conta não só as condições de emissão; mas também as de dispersão/concentração, definindo o grau de poluição em função dos usos urbanos.

Cabe destacar a idéia que serviu de base à definição dos elementos de análise com base nos dados disponíveis; consiste na introdução a nível da atividade de transporte urbano do conceito de "insumos ambientais", ou seja, admite-se que toda atividade de transporte urbano, ao desenvolver seu produto "circulação", estará consumindo não só energia, mas também certos insumos cuja oferta corre por conta do meio ambiente.

Assim, para a definição de uma localização ideal para determinado volume de tráfego, é necessário que se leve em conta critérios derivados das teorias tradicionais do

**Planejamento** de Transportes Urbanos, como também critérios que digam respeito aos requerimentos ambientais da rede L viária em estudo.

Ainda cabe lembrar que estamos propondo uma contribuição ao processo de Planejamento de Transportes Urbanos e por isto, após esta etapa devem voltar as preocupações anteriores, intrínsecas ao sistema de transportes.

QUADRO 17

		FATORES		
		CONFIGURAÇÃO DA VIA E ENTORNO	CONDIÇÕES OPERACIONAIS	CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS E CLIMÁTICAS
ELEMENTOS	N	1-DISTÂNCIA ENTRE AS FACHADAS 2-DISTÂNCIA DOS MEIOS FIOS AS FACHADAS 3-VEGETAÇÃO 4-TRAÇADO DA VIA  5-POROSIDADE 6-RAMPA 7-PAVIMENTO 8-CONFORMAÇÃO DO CORTE TRANSVERSAL DA VIA	1- VELOCIDADE DO TRAFEGO  2-TIPO DE ESCOAMENTO 3-IDADE DA FROTA  4-COMPOSIÇÃO DA FROTA 5-FLUXO ( FREQUÊNCIA DAS PARADAS) 6-FLUXO (VOLUME DE TRAFEGO) 7-DENSIDADE DO FLUXO 8-TIPO DE PNEUS	1- TEMPERATURA  2-VENTOS 3-ABSORÇÃO ATMOSFÉRICA
	O	1-ALTURA DAS EDIFICAÇÕES 2-TRAÇADO DA VIA  3-POROSIDADE 4-POSIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES ALTAS 5-RUGOSIDADE	1-VELOCIDADE DO TRÁFEGO 2-TIPO DE ESCOAMENTO  3-IDADE DA FROTA  4-COMPOSIÇÃO DA FROTA 5-FLUXO (VOLUME DE TRÁFEGO)  6-DENSIDADE DO FLUXO	1-ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA 2- TOPOGRAFIA  3-DIREÇÃO DOS VENTOS 4-VELOCIDADE DOS VENTOS
	C			

## 6.1. SISTEMATIZAÇÃO DAS PESQUISAS EXISTENTES SOBRE O PROCESSO DE POLUIÇÃO DO AR E SONORO EM FUNÇÃO DE CADA FATOR E ELEMENTO DE ANALISE

### 6.1.1. Alteração do meio devida ao tráfego - poluição do ar

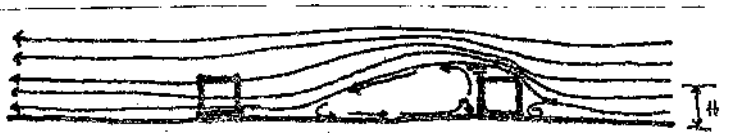
FATOR - Configuração espacial da via e seu entorno

ELEMENTOS DE ANALISE / TEORIAS E HIPÓTESES:

#### . Altura das edificações

- As construções formam novas elevações no solo, alterando a topografia inicial. Isto contribui para modificar a circulação e a velocidade do vento. Prédios altos **em** filas, produzem o efeito de "encanamento" do ar, sob determinadas condições de direção (3.04; ventos, assim como podem mudar o fluxo de ar, provocando regiões de redemoinhos. Estes mesmos prédios, por outro lado, podem criar espaços sem suficiente aeração que provoquem acumulação de poluentes no nível do solo, caso estejam colocados a barlavento.
- A figura 05 mostra que o comprimento da 'sombra de vento' provocada pelos edifícios a barlavento corresponde a seis vezes a sua altura. Podemos inferir, daí, que, uma rua, configurada por edificações com altura superior a 1/6 da distância entre as fachadas colocadas frente a frente, tenderá a não ter o ar suficientemente renovado, caso a direção predominante dos ventos seja perpendicular à via e as edificações a barlavento formem um conjunto compacto de barreiras impedindo a circulação dos ventos (fig.06).

FIGURA 09



CORTE

 $6H$ 

A ventilação cruzada nos edifícios -a sotavento pode ser maximizada se eles estão situados a uma distância igual ou maior que  $6H$  dos edifícios a barlavento

 $< 6H$ 

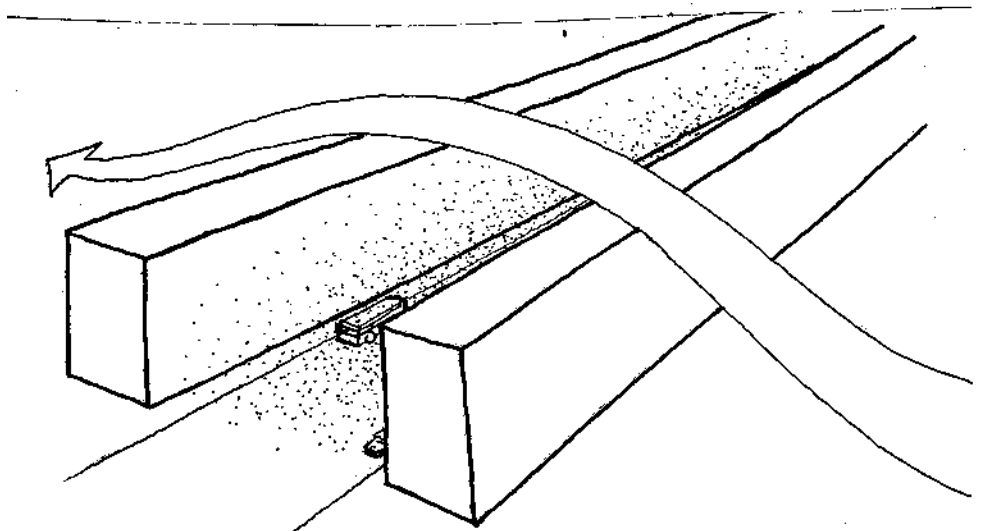
Esta distância pode ser reduzida com o uso de pilotis

 $< 6H$ 

Esta distância pode também ser reduzida em um grupo de edifícios se são deixados vários espaços entre os edifícios situados a barlavento, criando assim um conjunto de obstáculos com alta porosidade

Fonte; Villas Boas, 1979

FIGURA 06



## 2. Traçado da via

- Considerando **que** um rebaixamento (**talude**) no nível da via em relação às calçadas configura uma situação topográfica de vale, dificultando, conseqüentemente, a aeração local, existirá, ali, uma concentração de poluentes; por Outro, lado, uma via elevada poderá situar-se em uma área de maior aeração.

### Porosidade

- "Os espaços limitados **por** estruturas, porosas estão sujeitos a melhores condições de qualidade do ar do que quando estão limitados por estruturas opacas (não porosas) se as fontes de poluição, a nível baixo, estão localizadas\_dentro\_dos espaços,\_ sendo que o inverso é verdadeiro quando os poluentes são liberados fora dos espaços..." ( V.ILLAS BOAS,1979 )-(fig.07)
- Os prédios reduzem a velocidade do vento até 20% em relação ã região circundante inibindo a circulação do ar e ventilação necessária, e impedindo a provisão de ar puro de fora da cidade.. " ( SMITH R. L.,1966/1974 )

## 4. Posição das edificações mais altas

- "Um aumento na altura das estruturas que formam um espaço fechado **pode** aumentar concentração de poluentes no nível dó solo quando as fontes se situam dentro do espaço...e os tetos têm a mesma altura, ao passo **que** a presença de volumes mais altos a sotavento pode desviar o fluxo para baixo e melhorar as condições de ... qualidade do ar." ( UILLAS BOAS,1983 )-(fig.08).



FIGURA 07

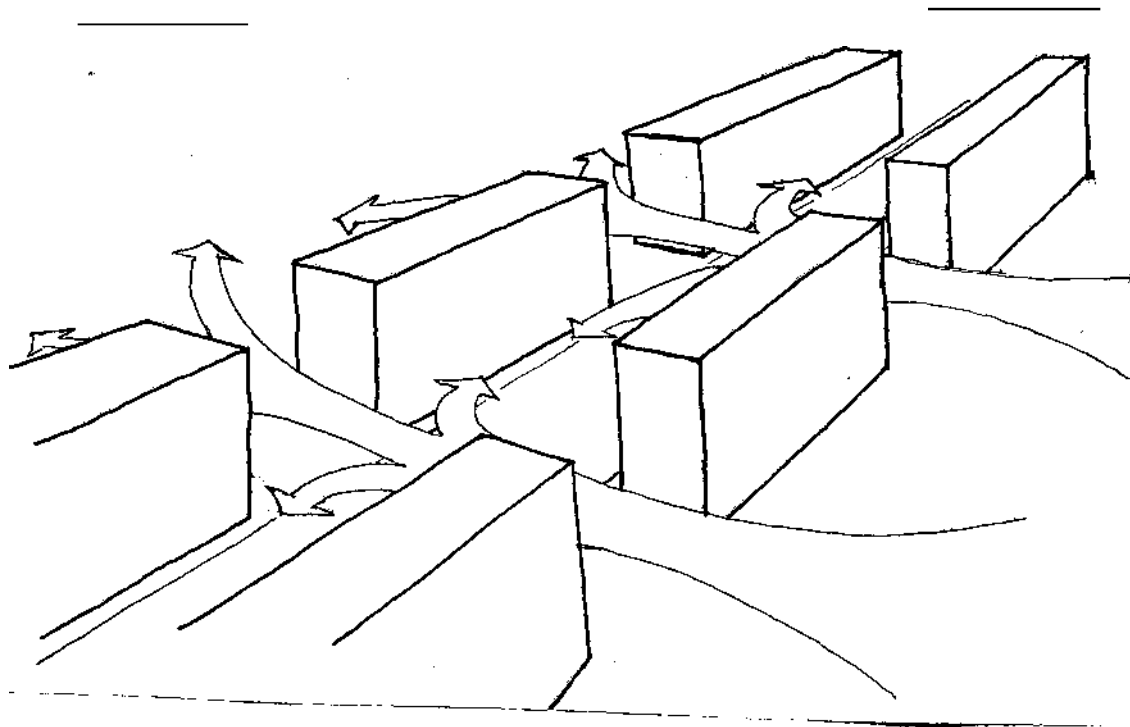
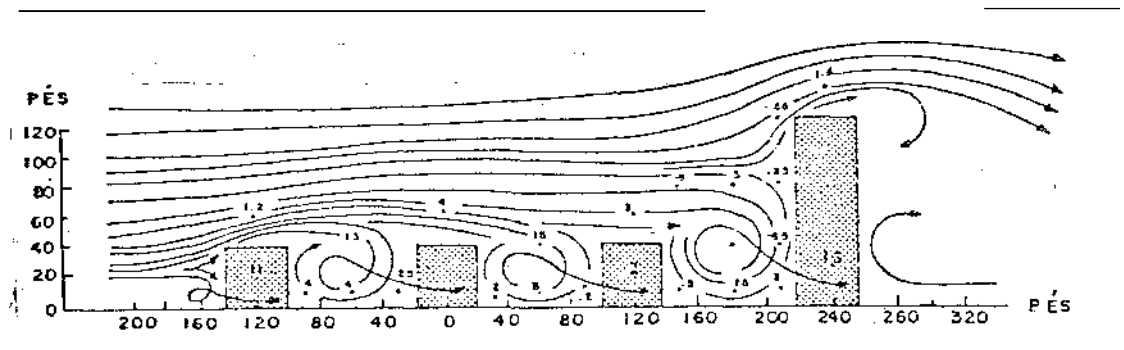


FIGURA 08



Fonte: Wise Sexton e Lillywhite, 1965

## 5. Rugosidade

- "A fricção, no movimento **das** massas do ar, ao se atritarem com a superfície do solo, tanto reduz a velocidade desse movimento, quanto altera a forma de deslocamento -deixando de ser lamelar para se tornar turbilhonar. Quanto mais rugosa for a superfície, maior o atrito, conseqüentemente, maior a turbulência e menor a velocidade de ar" ( OLIVEIRA,1985 );árvores e outros elementos paisagísticos contribuem para aumentar a rugosidade, induzindo, também, turbulência no fluxo de ar. "Quanto mais reduzida **for** a velocidade dos ventos pela rugosidade apresentada Pela morfologia urbana, mais tempo é necessário para deslocar os poluentes da atmosfera urbana." ( BRYSSON e ROSS,1972 )
- Por outro lado, em condições de concentrações localizadas de poluentes, a turbulência no fluxo de ar, introduzida pela rugosidade, proporcionaa redução da intensidade da poluição do ar, ao nível do solo, por causa do aumento da, mistura.

## FATOR Condições operacionais

### ELEMENTOS DE ANALISE / TEORIAS E HIPÓTESES

#### 1. Velocidade do tráfego

- Os quadros 18 e 19 relacionam emissão de poluentes em função de diversas condições de operação de **Veículos**. Considerando apenas as velocidades, verificamos que:
  - as emissões mais significativas de poluentes decresce com o aumento da **velocidade** média; .
  - . as maiores emissões de poluentes em veículos a

## QUADRO 18

Emissão de poluentes em veículos a gasolina, - em função das características de funcionamento e idade dos mesmos

CARACTERÍSTICAS	EMISSÃO MONÓXIDO DE CARBONO HIDROCARBONETOS		ÓXIDOS DE NITROGÊNIO
Velocidade média do veículo	Decresce com o aumento da velocidade média Quanto mais variável a velocidade, maior a taxa de emissão.	Decresce com o aumento da velocidade média	Cresce com o aumento da velocidade média
Aceleração	Paradas e partidas aumentam a emissão	Cresce com a aceleração ou desaceleração	Nenhum efeito substancial
Funcionando parado	Maximiza a emissão	Maximiza a emissão	Nenhum efeito substancial
Partida com veículo frio	Aumenta a emissão	Aumenta a emissão	Nenhum efeito substancial
Idade do veículo	Cresce com a idade	Cresce com a idade	Nenhum efeito substancial
Temperatura de operação	Nenhum efeito substancial	Nenhum efeito substancial	Cresce com a temperatura de combustão

Fonte: Agência de Proteção  
Unidos da America

Meio-ambiente dos Estados

## QUADRO 19

Composição representativa dos gases da exaustão dos veículos automotores (diesel e gasolina), em, **partes** por milhão (ppm)

combustível	poluente	Ponto morto	aceleração	velocidade const.	desaceleração
gasolina	monóxido de carbono	69.000	29.000	27.000	39.000
	hidrocarbonetos	5.300	1,600	1.000	10.000
diesel	óxido de nitrogênio	30	1.020	650	20
	monóxido de carbono		1.000		
	hidrocarbonetos	400	200	100	300
	Oxido de nitrogênio	60	350	240	30

Fonte: Pegg e Ramsden, Proceeding of the International Clear Air Congress

gasolina se dão com- o veículo parado, com o motor ligado;

velocidades constantes tendem a diminuir a emissão de poluentes, com excessão das baixas velocidades.

## 2. Tipo de escoamento do tráfego

- As maiores Percentagens de emissão de contaminantes, nos motores a explosão, se dão nos momentos de arrancada, e no aumento e diminuição brusca da velocidade, situações que coincidem com os pontos de detenção ou aglomeração de veículos.

melhoria do fluxo de veículos contribui para uma menor emissão de poluentes. No quadro 20 verifica-se que uma menor quantidade de impurezas é lançada na atmosfera quando os veículos circulam com maior velocidade, em deslocamentos uniformes, sem acelerações e desacelerações sucessivas.

## 3. Idade da frota

- Os quadros 18 e 21 mostram que as taxas de emissão dos poluentes aumentam com a idade dos veículos.

## 4. Composição da frota

- **Sabe-se** que os veículos movidos a Álcool emitem menor quantidade de Poluentes do, que os movidos a gasolina. Embora não existam dados comparativos entre as emissões de poluentes a partir dos veículos movidos a álcool e os veículos pesados movidos a diesel, aparentemente os primeiros são menos poluentes do que estes.
- Os veículos movidos a gasolina podem ser relacionados

QUADRO 20

2PErN7-00--Ofv-1,5-01=ÇA0 DO VDTCULO'S rmttr;02,5 Ú POLVE~ES

CONDIÇÃO		EXAUSTÃO				FLUXO' -QUE PASSA P/ AN2IS	SIST.= DE 1-Luxo' COMSUSTO COMBUSTIVEL'	
VÉ/CULO	MOTOR	FLUXO.	HC	CO	NOx		TANQUE	TARI3URAWR
mal-cho Lenta	em opa- ração	muito baixo	alta	alta	muito baixa	baixo	,Nédio a moderado	moderado
Ct`Q-Le.Y.1:0: i:3' vdiije dz.:de		baixo	alta	alta	alta	moderado		pequeno
A-It velocidade		alto	muito baixa	muito baixa	moderada	alto		nulo
âceler-:50		alto	4 baixa	baixa	alta	moderado		•nulo
be4yalf:: Zo		muito baixo	muito alta	alto alto	muito baixa	muito baixo		moderado
4queide y•lo uso	parado	nulo		-	-	nulo	alto	alto
4V~ido p',Lo calor do sol		nulo				nulo	moderado	muito baixo

FONTE: R.G. Temple, "Control of Internal Combustion Engines".

..... alta de HC.  
 pelo menos de .uma ordem de grandeza menores do que o fluxo de exaustão. ,.  
 ;uae puramente HC

QUADRO 21  
 PADRÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EXAUSTÃO  
 PARA VEÍCULOS EUROPEUS

Peso do Veículo kg	Poluente g/teste)	ANO DE FABRICAÇÃO						
		1976		• 1978			1982	
		CO	HC	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO.	HC+NO <sub>x</sub>
P < 750		96	8,8	96	8,8	12,0	58	19
750 < P < 850		105	9,3	105	• 9,3	12,0	58	19
850 < P < 1020		112	9,6	112	9,6	12,0	58	19
1020 < P < 1250		129	10,4	129	10,4	14,4	67	20,5
1250 < P < 1470		146	11,1	146	11,1	16,8	7r_	22
1470.< P < 1700		162	11,2	162	11,2	17,4	84	25,5
1700 < P < 1930		178	12,6	178	12,6	18,0	93	25
1930 < P < 2150		195	13,3	195	13,3	18,6	101	2(3,F,
2150 < P		211	14,1	211	14,2	19,2	110	28

FONTE: OECD, 1979.

como os mais poluentes (quadro 19), incluídas, af, as motocicletas.

#### 5. Fluxo (volume de tráfego)

- Maiores volumes de tráfego, pelo somatório das emissões de poluentes dos veículos - independente de outros fatores como velocidade, etc. significam maior contaminação do ar na via.

#### 6. Densidade do fluxo

- Frequentemente, as vias urbanas possuem zonas nas quais o volume de tráfego, independente da velocidade e do escoamento, provocam grandes aglomerações de veículos - aqui conceituadas como densidade do fluxo\_- ocasionando maior contaminação da via. As situações mais críticas de densidade são os congestionamentos que, mesmo contando com um fluxo contínuo, envolve baixas velocidades que agravam, ainda mais, os níveis de Poluição.

FATOR Condições topográficas e climáticas

ELEMENTOS DE ANÁLISE / TEORIAS E 'HIPÓTESES

#### 1. Estabilidade atmosférica

- "Quando a temperatura decresce muito pouco, permanece a mesma ou é maior em camadas superiores, dizemos que a atmosfera é estável. Neste caso, é dificultado o movimento do ar para cima. Esta situação em que há uma camada de ar quente sobre uma de ar frio é chamada "inversão térmica". Este fenômeno agrava o problema da

poluição do ar, pois a concentração de poluentes aumenta nas proximidades do solo, já que 'não existem condições de dispersão.' (MOTA,1981)

O efeito de 'ilha de calor' favorece a poluição do ar. " O ar quente tende a se concentrar no centro da cidade, carregando, com ele, os poluentes. Nesta área, o ar expande-se, fluindo para áreas externas, onde é resfriado e precipita-se. O ar mais frio, o qual se move **das** áreas marginais em direção ao centro das cidades para substituir o **ar que** se expande carrega os poluentes, formando um sistema circulatório (MOTA,1981)-(fig.09).,

## 2. Topografia

- "Uma estrutura urbana **localizada** num vale (área côncava), quando é produtora de grandes volumes de poluição do ar a-possuir um ..clima urbano muito **d e t e r i o r a d o e i n s a l u b r e**, deste modo, a diluição de poluentes atmosféricos." (VILLAS BOAS/OLIVEIRA,1986 ) (MOTA,1981).
- A existência de montanhas junto a fontes de poluição do ar impede a dispersão horizontal dos poluentes, favorecendo a ocorrência de inversões térmicas e acúmulo de poluentes no vale.

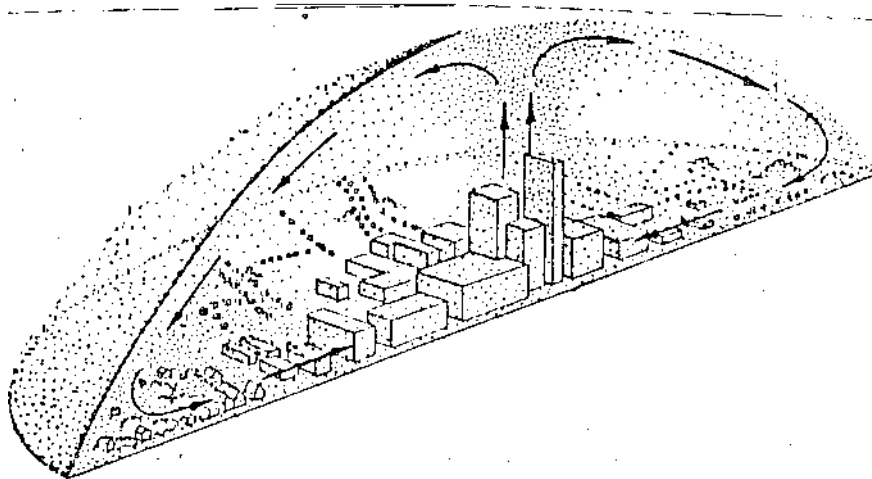
### Direção dos ventos

- Quando direção da via coincide com a direção predominante dos ventos, aeração fica favorecida, removendo, **Mais** facilmente os poluentes.



FIGURA 09

Domo de fuligem e poeira urbanas



Fonte: Brysson e Ross, 1972

#### 4. Velocidade dos ventos

- Embora as árvores, arbustos e outras características paisagísticas não afetem significativamente a redução de poluentes, seja pelo efeito de barreira ou por ação bioquímica, elas interferem na velocidade do vento e na mistura do ar...induzem a turbulência no fluxo de ar, a qual proporciona a redução da intensidade da poluição do ar, ao nível do solo, por causa 'do aumento da mistura. Na direção contrária aos ventos, as árvores tendem a atenuar o 'efeito de vácuo', contribuindo para reduzir as pressões e vácuos contra as paredes de edificações e, desta forma, a infiltração de poluentes para o interior. ( BRIGGS,1974 )

#### 6.1.2. Alteração do meio devida ao tráfego      poluição sonora

FATOR: Configuração espacial da via e seu entorno

ELEMENTOS DE ANÁLISE / TEORIAS E HIPÓTESES :

##### 1. Distância entre fachadas

A distância entre as fachadas, frente a frente em uma rua, independente da altura das edificações, envolve efeitos de reverberações que podem agravar o nível de ruído existente; uma maior proximidade entre os dois lados da rua implica acentuação das reverberações e diminuição da dispersão das ondas sonoras para a atmosfera. A intensidade dessas reverberações depende, em parte, da qualidade de absorção ou reflexão dos materiais de revestimento das fachadas (fig.10).

FIGURA 10

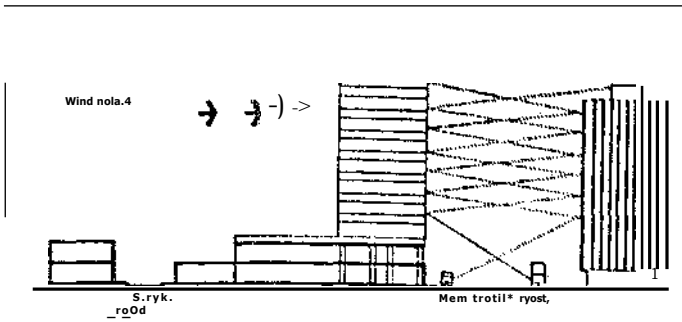
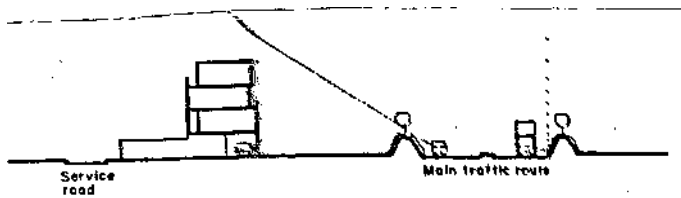


FIGURA 11



FIGURA 12



## 2. Distâncias dos meios-fios às fachadas

- "O afastamento, entre fontes de ruído e as áreas receptoras é a medida mais eficaz para garantir um nível adequado de ruído em locais sensíveis à poluição acústica." ( JOSSE,1975 )-(fig.11).
- "Os níveis de ruído são atenuados com a distância. Ao se duplicar a distancia que sePara o ouvinte da fonte de ruído móvel - fluxo de tráfego, por exemplo - esta atenuação\_é de 3 di3A." ( COPPE/PET,1980 )
- A existência, junto às calçadas ou nos recuos das ' edificações, de pisos absorventes - gramados, por exemplo - proporciona urna atenuação no nível de ruído, enquanto que pavimentos refletores tendem a reforçá-lo.
- A atenuação devida ao terreno refletor (3 dBA) só existe até que as ondas sonoras atinjam os bosques Ou a primeira fileira de construções. Os efeitos combinados de bosque densos e construções só são considerados até o limite de atenuação de 10 dBA. A partir desse valor, Os efeitos de bosques e construções adicionais são ignorados. ( FHWA,1976 )

### . Vegetação

- "A existência de barreiras naturais nas proximidades - das fontes de ruído, tais como parques com árvores frondosas, arbustos e grama, encostas elevadas, além de outras, contribuem para a absorção das ondas sonoras e para a redução do ruído nas áreas que lhe são contíguas." ( VILLAS BOAS/OLIVEIRA,1986 )
- "No caso de plantação de árvores à beira da via, os troncos, galhos .e folhas funcionam como barreira, absorvendo e dificultando a propagação do som. No

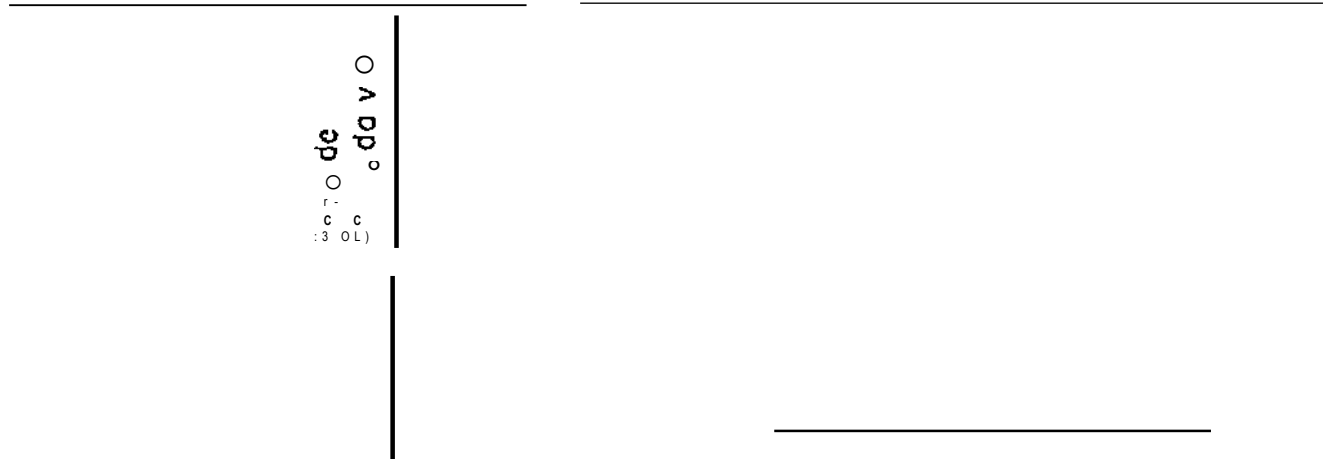
entanto, uma largura considerável da faixa adjacente à via deve ser plantada, para que consiga uma redução satisfatória. <sup>g</sup> necessário cuidado na escolha da vegetação, pois esta deve descer até o solo e as plantas e árvores não podem secar ou desfolhar, o que tornaria a barreira ineficiente em determinadas épocas do ano." ( COPPE/PET,1980 )

- "O fator mais importante na atenuação é a densidade (compacidade) da barreira, sobrepondo-se as características morfológicas e anatômicas, como forma e tamanho das folhas, presença de pelos e outras, estas surgem influenciando a distribuição das atenuações no espectro de frequência." ( VILACA et alli,1983 )
- Embora a atenuação pela vegetação seja frequentemente citada, a densidade da barreira -vegetal necessária para resultar eficaz faz com que alguns autores comentem que a vegetação, normalmente, atua mais como um fator psicológico, por bloquear a visão dos veículos e da via.

#### 4. Traçado da via

- As vias em corte, rebaixadas em relação ao nível das calçadas, atenuam o ruído que atinge as edificações pelo efeito de barreira proporcionado pelas laterais da via (GREATER LONDON COUNCIL,1966)- (fig.12 e 13),
- As vias com nível elevado, acima das calçadas, podem proporcionar uma boa dispersão das ondas sonoras (pela diminuição de reflexões e reverberações), embora vias elevadas sem aterro com estruturas de concreto - diminuam a absorção das vibrações pelo solo, transmitindo-as para o entorno.

FIGURA 13



Comparação entre os três projetos de via

Caso considerado	nível de ruído L <sub>10</sub> (dba)	
	dia	noite
Nível de ruído ambiental antes da construção da via (medido)	59	45
Nível de ruído ao longo da via (previsto)	83	79
Nível de ruído no ponto x caso A	69	64
Nível de ruído no ponto x caso B	73	68
Nível de ruído no ponto x caso C	59	52

Fonte: Greater London Council, 1966

## 5. Porosidade

- A propagação do ruído para as áreas do entorno da via depende das barreiras existentes no campo de propagação do som: "a atenuação devida à presença de construções no campo de propagação do ruído depende do grau de ocupação da **testada** pelas construções. Para uma ocupação longitudinal de 40 a 65%, a atenuação é de 3 dBA; ,Para ocupação de 65 a 90%, a atenuação é de 5 dBA. Não há nenhuma atenuação do ruído quando as contruções ocupam menos de 40%,da testada." ( FHWA,1978 )
- Por outro lado, se considerarmos somente os níveis de ruído que atingem os prédios que configuram a rua onde a via se encontra, uma maior porosidade maior número de espaços intersticiais entre as edificações de mesmo lado\_ da rua favorece a dispersão amortecimento do som, diminuindo as reverberações que acentuam a poluição sonora - "Os espaços formados por massas edificadas extensas e contínuas, tendem a intensificar o ruído **gerado** dentro, desses espaços, ao passo que aqueles delimitados por massas edificadas menores e descontínuas tendem a dispersar e amortecer o ruído. ( VILLAS BOAS/OLIVEIRA, 1986 )
- "As fachadas dos edifícios dispostos perpendicularmente às vias de veículos que lhes são contíguas ajudam na dissipação do ruído e na **obtenção** de melhores condições acústicas no interior das edificações, enquanto que as fachadas paralelas **4s vias formam** caixas de ressonância  
...-  
e tendem a acentuar o ruído aos espaços exteriores e interiores das edificações. ( **VILLAS BOAS / OLIVEIRA,** 1986 ).
- "Os espaços delimitados por superfícies horizontais em forma côncava, tendem a concentrar e intensificar o

ruído gerado dentro desses espaços, enquanto que os delimitados por superfícies convexas tendem à dispersão dos sons." ( VILLAS BOAS/OLIVEIRA,1986 )

Inclinação a via'

"Trechos da via onde os freios devem ser acionados ou subidas que tornem necessária uma grande aceleração por parte dos veículos, provocam aumento nos níveis de ruído." ( COPPE/PET,1980 )

- Da mesma forma, trechos da via COM mudança de inclinação, provocam troca de marcha dos veículos, aumentando os níveis de ruído.

## 7. Pavimento

- "Os pavimentos lisos como asfalto causam menores emissões de ruído do que pavimentos de concreto e paralelepípedo." ( UNDERWOOD L. R ,1981 )-(quadro 22).
- "O revestimento permeável, ao permitir a remoção da água da superfície, contribui para reduzir o ruído durante a chuva..." ( UNDERWOOD L. 8.,1981 )

Conformação o corte transversal da rua

- A conformação do corte transversal da rua, entendida como a relação entre a altura dos edifícios e a distância existente entre fachadas frente a frente, pode gerar uma situação de caixa de ressonância, onde existam múltiplas reverberações que intensificam os níveis de ruído.
- "Para uma mesma distância entre fachadas dos edifícios que conformam um espaço, as construções mais baixas





QUADRO 23

'REDUÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO MEDIANTE A UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS

tt.	REDUÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO (dEA)	
	a 3 m	a 8 m
Barreira acústica vertical, 3 m de altura, colocada em um só lado da via. Via ao nível do solo.	9	0
Barreiras acústicas verticais, 3 m de altura, em ambos lados da via, com reflexão do som entre elas	6	umenta o nível de ruído em 2 (dtA)
Barreira acústica vertical, 5 m de altura, em um só lado da via. Via ao nível do solo	15	10
Elevação de terra de 5 m de altura, colocada em um só lado da via (largura da base 16 m).	13	0
Via em corte com 4 m de profundidade, com talude de com inclinação de 1':1,5	10	0
Via em corte com 5 m de profundidade, 16 h: de largura, com barreira de 2 m de altura, localizada a 2 m do muro de arrimo com parede absorvente	12	7

FONTE: "Urbein Traffic and Noise". Verband der Automobilindustrie, 1978.

tendem a propiciar a absorção do ruído pela atmosfera, enquanto que as construções mais altas tendem a reduzi-la (com aumento da reverberação)." (VILLAS BOAS/ OLIVEIRA, 1986

FATOR: Condições-operacionais

ELEMENTOS DE ANALISE / TEORIAS .E HIPÓTESES:

### 1. Velocidade do tráfego

"A velocidades inferiores a 40 km/h, o ruído-predominantemente, do motor e do escapamento. O ruído máximo emitido por um veículo deslocando-se a uma velocidade constante, numa dada marcha, é proporcional ao logaritmo de velocidade do veículo." (COPPE / PET, 1980 ).

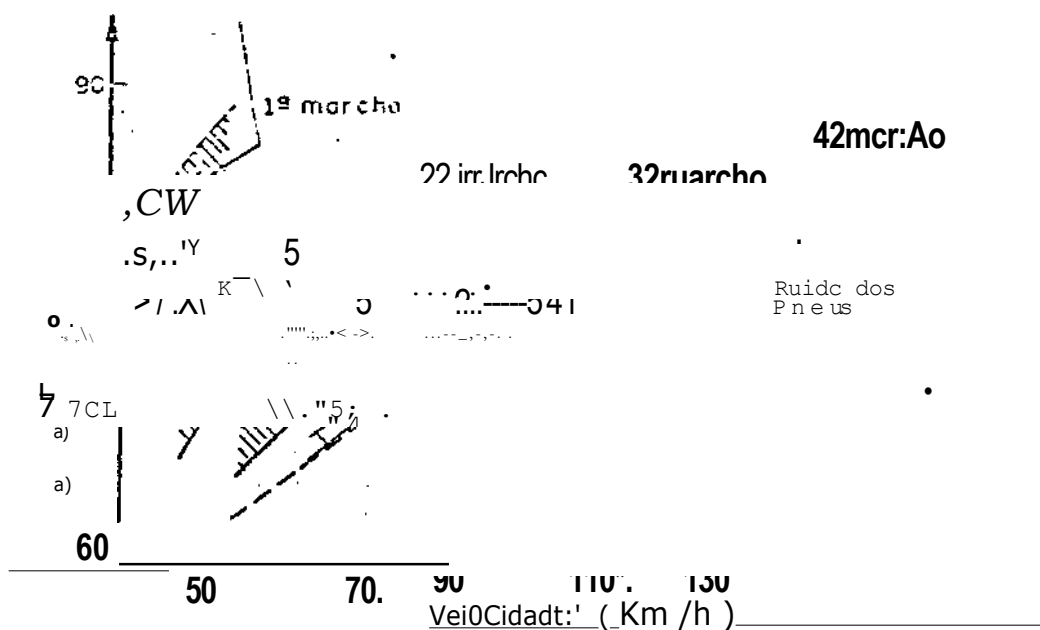
De um modo geral, se um veículo dobrar sua velocidade, inicial, numa mesma marcha, isto proporcionará um aumento de. Oba, nível máximo de ruído acima definido." ( COPPE/PET, 1980 )

- O gráfico 24 mostra os níveis de ruído em todos por um Veículo em diferentes velocidades e acelerações. Nota-se que os maiores níveis de ruído ocorrem em velocidades próximas aos limites de cada marcha, ou seja, quando o veículo roda com o motor funcionando em altas rotações; as situações mais críticas para o ruído do motor se dão nos limites das primeiras marchas.

Embora em marchas mais altas, com velocidades constantes, nível de ruído do motor tenda a decrescer, a este soma-se o ruído dos pneus, rodas e da turbulência do ar. Esta situação é agravada com a presença de água na pista, quando os pneus provocam alta poluição sonora.

QUADRO 24

Ruído de um veículo Renault R-16 em diferentes velocidades e acelerações



Fonte: Institut de Recherche des transports, 1973

## 2- Tipo de Escoamento

"...vias de circulação de veículos em que as velocidades são moderadas e constantes, sem acelerações, desacelerações e paradas, tendem a ser menos ruidosas." ( VILLAS BOAS/OLIVEIRA,1980 )

"A emissão de ruído nas cercanias de cruzamentos é sui generis ", ( GILBERT,1971 ) Os veículos se encontram mais frequentemente em escoamento pulsativo e em regime transitório ( acelerado, desacelerado ); o cruzamento apresenta condições particulares:de propagação do ruído. Essas características influem sobre os níveis de ruído existentes ou previstos a uma distância de até 200 metros do centro do cruzamento." ( GILBERT,1971 )

- Já referimos que o regime de rotação do motor é um fator importante,na determinação da emissão do ruído pelo veículo; desta forma, acelerações e desacelerações, provocadas por paradas ou situações irregulares de escoamento, contribuem para um aumento nos níveis de , poluição sonora.
- Dependendo das condições de manutenção frota, velocidades, et5., acionamento dos freios em regimes de escoamento pulsativo ou transitório pode se constituir em uma fonte adicional de ruído.

## 3 . Idade da Frota:

- O nível de-ruído Pr6dul veículos cresce com o seu envelhecimento. No caso de ônibus e caminhões aumento é de 3 a 4 dba,... ocorrendo entre os. 8.000 e 25.000 km rodados ." (OECD,1971 )
- O desgaste e o desajuste. das partes mecânicas e da lataria, produzidos pelo tempo de utilização dos

veículos, aumentam as vibrações e, conseqüentemente, os níveis de ruído.

#### 4. Composição da Frota

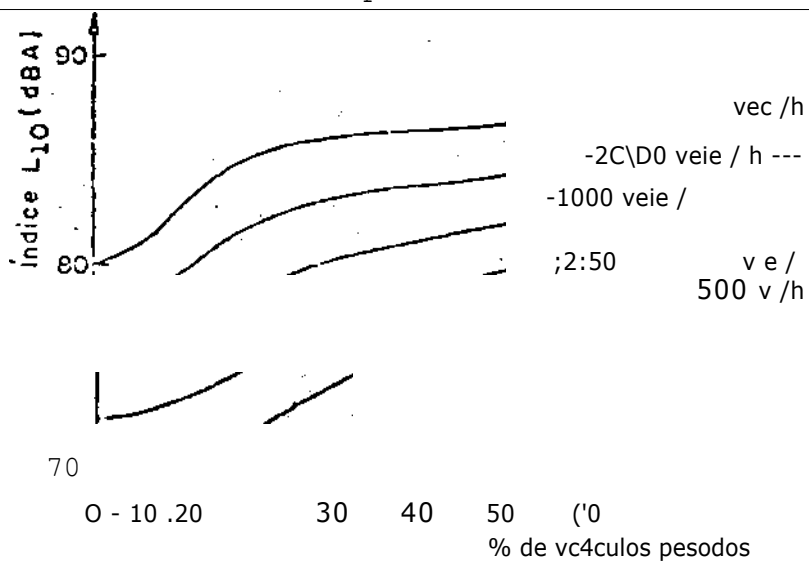
- "Os veículos pesados, caminhões e ônibus, são os mais ruidosos, seguidos das motocicletas, carros esportivos e outros veículos de passageiros." ( COPPE/PET,1980 ) - (quadros 2.5 e 26).
- " Num fluxo de tráfego de velocidade uniforme, a presença de veículos pesados aumenta o nível de emissão de ruído." ( COPPE/PET,1980 )
- "O efeito da composição do tráfego varia também com tipo de via, sendo menos importante nas rodovias do que nas vias urbanas, pois em altas velocidades a diferença de ruído entre os veículos de passeio e pesados se torna menor." ( COPPE/PET1980

#### Fluxo (volume de tráfego)

- "O nível de ruído varia com o volume e a composição tráfego. Quanto maior o volume de tráfego, maior o nível de ruído. Teoricamente haveria um aumento de 3 dBA se o volume de tráfego duplicasse." (COPPE/PET,1960)
- "Na prática, o aumento do ruído correspondente a uma duplicação do volume do tráfego é da ordem de 2 dBA nas rodovias e 3 dBA nas vias urbanas." (COPPE/PET,1980)  
O gráfico 27 comprova que "o distúrbio causado pelo ruído; não sofre grandes alterações para um volume de tráfego entre 1.000 e 5.000 veículos/hora", sofrendo considerável variação entre 0 e 1.000 veículos/hora.

## QUADRO 25

Varição dōl, 10 com volume e tráfego e a porcentagem caminhões em vias expressas:



Fonte: Etude de cots sociaux des transports routiers urbains - Conference européenne des ministres des transports, 1972

Percentagem de veículos pesados %	Acréscimo dba)
10 a 15	
20	2
30	3
40	4
50	5

QUADRO 26

VARIAÇÃO DE L<sub>E</sub>M FUNÇÃO DO GRADIENTE, VOLUME DE TRAFEGO E  
 PORCENTAGEM DE VEÍCULOS PESADOS

Inclinação da Via	0%								7%							
	1.000				4.000				1.000				4.000			
Volume de Tráfego (Veículos)																
7,, de ca pinhões	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100	0	25	50	100
L <sub>eq</sub>	67	68,8	70	72	72,5	<b>74,3</b>	75,6	<b>76,7</b>	67,3	<b>72,7</b>	75	77,5	<b>73,3</b>		<b>81</b>	8.3 ,5

FONTE: "Etude de corits Sociaux des Transports x<sup>4</sup>outiens Urbains, Conference Eur~edes Ministres des Transports, 1972.



## 6. Densidade do fluxo

A intensidade do ruído nas vias de circulação de veículos aumenta com a densidade e com a velocidade dos veículos." (VILLAS ROAS/OLIVEIRA, 1986) Este aumento se deve à concentração das fontes geradoras de ruído criando zonas altamente Poluídas acusticamente.

Embora pneus e rodas contribuam, significativamente, para o aumento do nível de ruído em velocidades acima de 60 km/h, são variáveis dificilmente quantificáveis ou qualificáveis na prática da análise - tipos e desgastes das de cada veículo.

FATOR: Condições topográficas e climáticas  
ELEMENTOS DE ANALISE / TEORIA E HIPÓTESES

As atenuações devido a gradientes de temperatura, ventos e absorção atmosférica são irrelevantes para o estudo das **condições** intervenientes na dispersão / concentração do ruído urbano. "As atenuações devidas ao vento e a gradientes de temperatura são ignoradas pelas seguintes razões: as condições atmosféricas apresentam grandes variações de uma hora para outra, e, conseqüentemente, as atenuações não são permanentes. A absorção atmosférica não é importante para o caso do ruído rodoviário, devido à longa distância de propagação do som necessária. Para que este mecanismo se torne significativo. Os efeitos atmosféricos podem ser muito importantes para a medição de níveis de ruído, mas não o são na sua previsão." (FHWA, 1978).

## CAPITULO 7

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há evidência, na bibliografia consultada, da existência de uma metodologia que leve à avaliação dos problemas de poluição do ar e sonora gerados pela operação do tráfego urbano, como parte do processo de Planejamento de Transportes Urbanos.

Esta lacuna estende-se, desde a desconsideração destas questões, pela metodologia corrente de Planejamento de Transportes Urbanos, até a inexistência de uma sistematização de fatores, elementos de análise e parâmetros que possibilitem a inclusão, no processo de Planejamento de Transportes Urbanos, da avaliação de riscos de danos sobre a qualidade do meio ambiente urbano.

Procuramos, aqui, contribuir para o preenchimento deste espaço, embora contando com as limitações inerentes a uma dissertação de mestrado que trabalha dentro de rígidos limites de tempo e que pretende antes descortinar novos caminhos do que apresentar conclusões definitivas para esta questão.

Assim, ao mesmo tempo em que propomos novas categorias de análise, como a CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA e sua aplicação na fase de atribuição de tráfego do Planejamento de Transportes Urbanos, não chegamos a estruturar uma metodologia que resulte no seu dimensionamento quantitativo. Definimos, isto sim, fatores (operacionais, topográficas e climáticas e de configuração espacial da via) e seus respectivos elementos de análise que possibilitam a inserção dos impactos da poluição do ar e sonora no cálculo da capacidade real da via e, conseqüentemente, a incorporação da preocupação com a qualidade ambiental no Planejamento de Transportes Urbanos.

Embora tivéssemos em mente a operacionalização do conceito de CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA VIA visando formular uma metodologia de avaliação de impactos devidos à poluição do ar e sonora geradas pelo tráfego urbano, a prática mostrou que, para a elaboração dessa metodologia, é necessária, no mínimo, uma definição precisa de parâmetros para cada elemento de análise e as implicações dos seus cruzamentos para verificação do nível de risco de cada combinação (situação) específica.

As nossas tentativas de definição dos parâmetros e de estabelecimento de cruzamentos esbarraram em **insuficiência** conceituais de dados que só podem ser obtidos a partir de pesquisa de **campo** que interrelacionem os elementos de análise, por nós definidos como responsáveis pelas condições de emissão, concentração e **dispersão** de poluentes. Assim, mesmo tendo esboçado quadros de definição dos parâmetros e de matrizes de cruzamento, deixamos de apresentá-los porque representam apenas tentativas de sistematização, sem consistência nos elementos constituintes.

A complexidade do assunto dos dados, necessários para proceder uma metodologia, constituem-se, em si, uma pesquisa ainda a ser realizada.

Embora tenhamos tentado contribuir com esta dissertação para a abertura de novos caminhos na preservação da qualidade ambiental, muito ainda há por fazer para que uma metodologia seja estruturada e se torne efetivamente operacional. Temos consciência da importância do trabalho que realizamos, mas sabemos, também, que ele é apenas o ponto de **partida** para outras pesquisas nesta linha conceitual,

## BIBLIOGRAFIA

ADLER, Hans - Avaliação Econômica dos Projetos de Transportes: Metodologias e Exemplos, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978.

ALDEN J. e MORGAN R. - Regional Planning : A Comprehensive View, 1974 ( in CAMHIS,M - Planning theory and philosophy, Londres, Tavistock publications, 1979).

A GUIDE FOR REDUCING AIR POLLUTION THROUGH URBAN PLANNING, Alarm voorhees e as. U. S. Environmental Protection Agency, Office of air prog. 1971

ARAUJO, Aloisio B. - O Meio Ambiente no Brasil - Aspectos Econômicos, Brasília, IPEA/INPES, 1979.

ATKINS, STEPHEN T. - Existem perspectivas para o planejamento de transporte?, São Paulo, Revista ANTP. 1979

AUBREE. D. e RAPIN J. - Etude de la Géne due au Trafic Automobile Urbain, Paris, 1971 (in COPPE/PET - Tráfego e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 1980).

BARAT, J. - O Processo Decisório nas Políticas Públicas e no Planejamento dos Transportes : Uma Agenda para Avaliação de Desempenho, Rio de Janeiro, APEC, 1979.

BARRAT,Josef - Perspectiva Histórica Sumária do Desenvolvimento dos Transportes Urbanos, Brasília, IPEA, 1978

BARRY, T. M. e REAGAN, J. A. - Traffic Noise Prediction Model , Federal Highway Administration, Washington D. C., 1978.

BELLOMO, S. J. e LIFF, S. D. - Fundamentais of Air Quality for Highway Planning and Project Development. E.P.A., 1984.

BEZERRA, Ma do Carmo - Uma nova Dimensão na Avaliação de Programas de Transportes Urbanos, Brasília,

BIRD - USA - Environmental Requirement of the World Bank, 1982.

BISSET, R. - Role of Monitoring and Auditing in E.I.A., International Seminar Aberdeen, 1984.

BOLETIM TÉCNICO DA CET - Noções de Engenharia de Tráfego, São Paulo , Companhia de Engenharia de Tráfego no 5.

BRASILEIRO, Ana Maria - A Cidade : Aspectos Polfticos in Revista do Instituto Brasileiro de Administração Municipal, Rio de Janeiro, 1976.

BRIGGS, T. M. et alli - Air Pollution Considerations in Residential Planning, manual, Research Triangle Parx, North Carolina, U. S. Environmental Protection Agency, 1974.

BRUTON, M.J. - Introduction to transportation planning. London, Hitchinson Education, 1971.

BRYSSON, R. e ROSS, J. - The climate of the city in Detwyler T. R. e Marcus M. G. , Urbanization and Environment, Belmont, California, Duxbury Press, 1970.

BUCHANAN, C.D. et alli - Traffic in towns. Londres, HMSO, 1963.

CAMHIS, MARIOS - Planning theory and philosophy. Tavistock publications. Londres 1979.

CANTER, L.W. - Methods for assessing indirect / secondary impacts. Aberdeen, 1984.

CARPICIANI, UBALDO - Preservação de Recursos Naturais: Suporte Técnico para Legislação. Tese Doutorado, Fac. Saúde Pública, São Paulo, 1971.

CASTELLS, MANUEL e EMILIO, E. - Pratics epistemologics y ciencias sociais in Rev. Latino-Americana do Ciências Sociais, no 4, 1972.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - A Participação dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica, São Paulo, 1983.

COOPE/UFRJ BOECHART, O. FRANCISCO  
Considerações sobre o planejamento racional de transportes no Brasil. Tese, 1974.

COPPE/PET - Trafego e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 1980. ( quatro volumes )

CORRÊA DE FARIA, S. - Análise do risco ecológico - Um método para integração de fatores ambientais no planejamento espacial, Brasília, 1986, (xerox).

CRÉPEAU, GILLES - O Ruído - Fenômeno Urbano. Rev. Forces no 29. Canadá, 1974 ( tradução Oliveira, P. M. -UnB, xerox).

DAROS, J.E. - Alguns aspectos do planejamento dos transportes. Rio de Janeiro Cadernos Fundação Getulio Vargas no 1, vol. 8, 1974.

DAVINROY, T.R., RIDLEY T. M. WOOTTON, H.J. - Predicting Future Travel, Traffic Engineering and Control , 1963.

DEL CARLO, U. - Ruído Urbano. Tese Livre Docência, FAU/USP, São Paulo, 1979.

DICKINSON, - Una perspectiva ecológica para o desarrollo, Caracas, Interciência, 1981.

EDMUNDS, S. e LETEY, J. - Environmental Administration, New York, Mc. Gran-Hill Book Company, 1973.

ESTEVEES, S. S. et alli - Níveis de Poluição sonora na Região da Grande São Paulo, CETESB, São Paulo, 1975.

FARRET, RICARDO - Impactos das intervenções no sistema de transportes sobre a estrutura urbana. Brasilia,

FARRET, RICARDO E BICCA, PAULO - Avaliação dos impactos dos corredores de transportes na estrutura urbana. Brasília, EBTU, Termo de Referência, 1981 (xerox).

FAVRE, B. e PACHIAUDI, G. - Emission Sonore d'un Vehicule en Accélération - Application au Bruit de Carrefour, 1974 ( in COPPE/PET - Tráfego e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 1980).

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION- FHWA - Highway Noise Measurements for verification of Prediction Models, Washington D. C., 1978.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION- FHWA - Noise Barrier Design Handbook, Washington D. C., 1976.

FERNANDEZ, R. - Médio Ambiente, Urbanizacion y Gestion : Notas para un Enfoque Introdutorio in Boletim de Médio Ambiente y Urbanización, ano 2 no 7-8, 1984.

FIAT - Ecologia, Prêmio Fiat Automóveis para Universitários, Rio de Janeiro, 1983

FURTADO, CELSO - Desenvolvimento e Subdesenvolvimento, Rio de Janeiro, Fundo de Cultura, 1961.

GERMANI, ELMIR - Impactos da implantação do metrô sobre a estrutura urbana, São Paulo, Revista ANTP no 1 (4) 1979.

GERMANI, ELMIR et alli - Planejamento de Transportes, Depto Engenharia de Transportes-USP, São Paulo.

GILBERT, D. - Noise from Road Traffic interrupted flow ) Journal of Sound and Vibration 51 (2), 1971

GREATER LONDON COUNCIL, Kensington Environmental Management Study. London, 1966.

GUTMAN, PABLO - Evaluacion de Impactos Ambientales en Programas de Transportes in Rev. Interamericana de Planificacion vol. XX, no 79, 1986.

HALL, A.D. - A methodology of systems engineering. N. J., D.N.A.D. Van Nostrand, Princeton, 1962.

HALL, P. - Urban and Regional Planning, Harmondsworth, Penguin Books, 1974.

HARVEY, D - Social justice and the city, Baltimore, 1973.

HICKMAN, A. J. et alli - The Estimation of Air Pollution Concentrations from Road Traffic, TRAI, Laboratory Report, Crowthorne, 1982.

HIGHWAY RESEARCH BORD, Washington D.C., 1970.

HOBBS, F. D. - Traffic Planning and Engineering, England, Pergamon Press, 1974.

HUGO, Antônio Cesar A. - Transporte e Meio Ambiente : Impactos Ambientais nos Projetos Rodoviários, Brasília, SEMA, 1984, (xerox).

HUTCHINSON, B.G. - Princípios de planejamento dos sistemas de transporte urbano, Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1979.

ILLICH, I. - Energia e Equidade, Lisboa, Livraria Sá da Costa Editora, 1975.

KADE, GERHARD - A teoria Econômica da Poluição e a Aplicação do Método Interdisciplina à Regulamentação do Ambiente in O Homem e seu Ambiente, Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1975.

LAMBERTI, A. - Enciclopédia de Ecologia, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

LAMPARELLI, CELSO M. - Metodologia do Planejamento Urbano in Revista do Instituto de Administração Municipal, Rio de Janeiro, 1978.

MACHADO, PAULO A.L. - Direito Ambiental. Brasil, 1982.



MANNHEIM, K. - Ideology and Utopia, Routledge Kegan, London, 1968 ( in CAMHIS - Planning Theory and Philosophy, Tavistock Publications, Londres, 1979).

MANHEIM, MARTIN L. Fundamentals of Transportation Systems Analysis, Cambridge, Mass Mit Press, 1979.

MARTIN, B.V. - Transport Planning Model - The London Experience, Highway Research Record, 1970.

MASSAD, et alli - Poluição do Motor a Alcool, São Paulo, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 1983.

Mc HARG, IAN L. - Design with nature. New York, 1961.

MESQUITA, A. L. et alli - Controle de Emissão de Fontes Móveis no Estado de São Paulo, São Paulo, CETESB, 1979.

MILARÉ, ÉDIS - Realidade acorda jurista para o problema ambiental. Revista Pau Brasil, no 9, Ano II, 1985.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO La evaluaciones de impacto ambiental. Madrid, 1982.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO - Guia para la Elaboracion de Estudios de Medio Físico - Contenido y Metodologia, Series Manuales 3, Madrid, 1984.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE - Política Nacional de desenvolvimento urbano e meio ambiente - Subsídios para o I PND - NR, Brasília, 1985.

MINISTRY OF HOUSING, PHYSICAL PLANNING AND ENVIRONMENT - MINISTRY OF AGRICULTURE AND FISHERIES - HOLANDA - Environmental Impact assessment in the Netherlands.

MINISTRY OF HOUSING, PHYSICAL PLANNING AND ENVIRONMENT - Prediction in Environmental Impact Assessment, Holanda, 1984.

MISHAN, E.J. - Análise de custos benefícios. Uma introdução informal , Rio de Janeiro, Zahar, 1976.

MITCHELL, R. e RAPKIN, C. - Urban traffic a function of land use. Columbia University Press, 1954.

MONTEIRO, CARLOS - Teoria e Clima Urbano, Instituto de Geografia-USP, monografia no 25, São Paulo, 1976.

MOTA, SUETONIO - Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza, Ed. UFC, 1981.

NEFUSSI, N.- A Poluição do Ar no Estado de São Paulo in Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 1975.

NOBREGA, E. W. - Influências da Acessibilidade por Transporte Coletivo sobre a Estrutura do Solo Urbano: Sistema Integrado de Transporte Urbano-Goiânia 1976/1984, Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano, UnB, Brasília, 1985.

NOGUEIRA, BRENO C. -Objetivos do Planejamento in Introdução ao Planejamento, São Paulo, FAU-USP, 1980.

NOVAES, ANTÔNIO GALVÃO - Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes, São Paulo, Ed. Edgard Bluciter Ltda, 1981.

NUSDEO, FÁBIO - Desenvolvimento e ecologia, Rio de Janeiro, Ed. Saraiva, 1975.

OLIVEIRA, PAULO M. P. - A Cidade Adequada ao Clima, Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano , UnB, Brasília, 1985

OECD - Urban Traffic Noise-Strategy for an Improved Environment, Paris, 1971.

OREA, DOMINGOS GOMEZ - El Médico Físico y la Planificación I, Cuadernos de CIFCA.

PEGG, R. E. e RAMSDEN, A. W. - Towards Diesel Engine Exhausts in Proceedings International Clean Air Congress, 1966.

PEREIRA, LUZ V. - Definição de Forma Urbana no Planejamento Físico, Lisboa, L.N.B.C. Memória no 570, 1982.

POULANTZAS, NICOS - O Estado, O Poder, O Socialismo, Rio de Janeiro, Graall, 1985.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - FEEMA - Desenvolvimento e Aplicação de Metodologias Apropriadas de Avaliação de Impacto e Gestão Ambiental, 1981.

QUEIROZ, S. - Emissões de Poluentes por Motor Monocilíndrico, Usando Gasolina Comercial e Etanol Hidratado como Combustível, Universidade Federal do Espírito Santo.

RAMON, FERNANDO - Control del ruido en una situación urbana. Madrid, Manuales críticos del alojamiento español, 1976.

REIS, Osvaldo M.- Análise do Impacto Ambiental dos Projetos de Transportes, Brasília, 1978.

RIBEIRO, UERA PANDOLFO - Qualidade do ambiente e seus reflexos ecológicos e sociais. Brasília, MINTER, 1977.

SACHS, IGNACY - Meio Ambiente e Desenvolvimento : Estratégias de Harmonização in Meio Ambiente Desenvolvimento e Subdesenvolvimento, São Paulo, Hucitec, 1975.

SEMA - Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1984.

SILVA, JOSÉ A. - Aspectos Jurídicos do Patrimônio Ambiental, São Paulo, FAUUSP, 1981.

SLARPE, C.P. and R.J. MAXMON - A methodology for computation of the environmental capacity of roadway networks. Washington D. C., Highway Research Record no 394. Highway Research Board, 1972.

SHARPE, C. P. e MAXMAN, R. J. - A Methology for Computation of the Environmental Capacity of Roadway Networks, Washington D. C., Highway Research Record, 1972.

SMITH, R. L. - Ecology and Field Biology, New York, Harper & Row, Publ. , 1974.

SUNKEL, OSVALDO - Introduccfon: La Integraccion entre los Estilos de Desarrollo y ei Medio Ambiente en la América Latina in Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Mexico, Fondo de Cultura Economica.

SZWARC, et alli - Automotive Use of Alchohl in Brazil an Air Pollution Related Aspects, Sar Technical, Detroit, 1985.

THE URBAN TRANSPORT PLANNING PROCESS, Consultive Group on Transport Research, OECD, Paris, 1971.

UNDERWOOD, M. C. P. - Lorry Tyre Noise Department of the Environment, TRRL Report LR 974, Crowthorne, 1981.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION - Federal Highway Administration, FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model, 1978.

VILLAS BOAS, M. - Ventilação em Arquitetura, Depto de Arquitetura, UnB, Brasília, 1983, (mimiog)

VILLAS BOAS, M. - Módulos de Ensino no 2,3,4,7,e 10, Curso de Especialização por Tutoria à Distancia em Controle do Ambiente em Arquitetura, CAPES/MEC, 1983.

VILLAS BOAS, M. e OLIVEIRA, P. M. P. - Dimensão Ambiental do Processo de Urbanização, Instituto de

VILLAS BOAS, M. - An Assessment of Thermal Confort and Pollution Dispersion Potentials Revealed by Phisical Modeling in a Wind Buildings and Within Urban Areas, Rice University, Tese de Doutoramento em Arquitetura, Texas, 1979.

VILAÇA ET ALLI- Espécies Vegetais no Controle da Poluição Sonora, Rio de Janeiro ,FEEMA , 1983.

WALSH - Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, São Paulo, CETESB, 1984.

WARDROP, J.G. - Some theoretical aspects of road traffic research, proceedings, Institution of Civil Engineers. London, Part II, Vol. 1, 1952.

WEBBER, M. M. - Planning in an Environment of Change in J. B. Cullingworth (ed) Problems of an Urban Society London: Allen e Unwin, 1973 ( in CAMHIS M. - Planning theory and philosophy, Tavistock publications, Londres,1979).

WINGO, LONDON - Transporte y suelo urbano Barcelona, 1972.

WINGO, L. e PERLOFF, H. - The Washington transportation plan: technics or politics?. Proceedings and papers of the Regional Science Association, 1961.

WILSON COMMITTEE - Her Majesty's Stationery Office, Noise: Final Report, Sessional Paper. London, 1963.

WRIGHT, C. - Avaliação de projetos - uma abordagem de características como alternativa a benefício custo. Rev. Brasileira Economia (3) 1985.

ZILBERMAN,I. - O Problema da Proteção Ambiental no Processo de Planejamento em Países Subdesenvolvidos in Rev. de Planejamento, Salvador, 1976.

ZIMMERMAN, J.R. e THOMPSON, R. S. - User's Guide to Highway: A Highway Air Pollution Model, E.P.A. Report,